



Dossier

La Roue et la pompe:
deux inventions aux sources
de l'énergie

Société

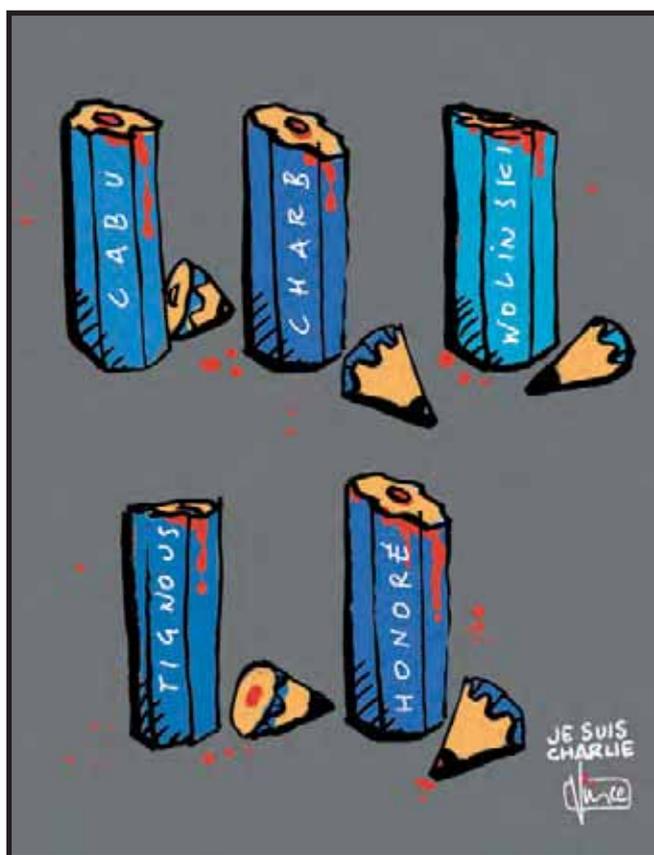
Sommes-nous
à la **croisée des chemins ?**



JE SUIS CHARLIE

Quelques coups de crayon... en hommage

Illustrations: SKAD - VINCE - O. SAIVE



ERRATUM

Dans le quiz «Chimie» du n°306 de décembre, nous avons involontairement vieilli Volta, qui est né en 1745 et décédé en 1827. Toutes nos excuses...

ATHENA 307 • Janvier 2015

SPW | Éditions

Tiré à 19 000 exemplaires, Athena est un magazine de vulgarisation scientifique édité par le Département du Développement technologique (Direction générale opérationnelle Économie, Emploi et Recherche - DGO6) du Service Public de Wallonie.

Place de la Wallonie 1, Bât. III - 5100 JAMBES

N° Vert du SPW: 0800 11 901 • www.wallonie.be

Il est consultable en ligne sur <http://athena.wallonie.be>

Abonnement (gratuit)

Vous souhaitez vous inscrire ou obtenir gratuitement plusieurs exemplaires, contactez-nous !

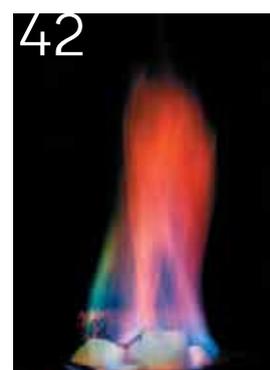
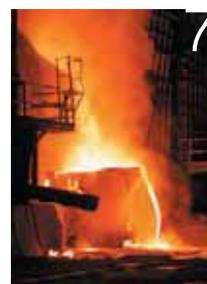
- par courrier
Place de la Wallonie 1, Bât.III - 5100 JAMBES
- par téléphone
au 081 33 44 97
- par courriel à l'adresse
raffaella.ruggiero@spw.wallonie.be

Distribution en Belgique uniquement.

- Rejoignez-nous également sur:
Facebook.com/magazine.athena

Sommaire

- 4 **Actualités**
Le monde de la recherche, des nouvelles technologies et des entreprises à la loupe
- 10 **Focus**
sur TRASIS
- 12 **Technologie**
Les arômes: un subtil mélange, mais de quoi ?
- 16 **L'ADN de ...**
Benoît BEHETS WYDEMANS · Contrôleur aérien
- 18 **Dossier**
La Roue et la pompe: deux inventions aux sources de l'énergie
- 23 **Barje**
On est tous Barje, même Athena !
- 24 **Santé**
Couper l'herbe sous le pied des métastases
- 28 **Internet**
Les outils collaboratifs
- 32 **Société**
Sommes-nous à la croisée des chemins ?
- 36 **Chimie**
Tout feu, tout flamme !
- 38 **Biologie**
Plongez au cœur des cellules et de la vie
- 42 **Physique**
Tout est relatif mais tout s'explique !
- 44 **Astronomie**
Petite balade tête dans les étoiles
- 46 **Espace**
Pour savoir tout ce qui passe en l'air et sur Terre !
- 50 **Agenda**
À voir, à tester, à cliquer, à lire...



Éditeur responsable
Michel CHARLIER,
Inspecteur général
Ligne directe: 081 33 45 01
michel.charlier@spw.wallonie.be

Rédactrice en chef
Géraldine TRAN
Ligne directe: 081 33 44 76
geraldine.tran@spw.wallonie.be

Graphiste
Nathalie BODART
Ligne directe: 081 33 44 91
nathalie.bodart@spw.wallonie.be

Impression
Imprimerie IPM
Rue Nestor Martin, 40 à 1083 Ganshoren

ISSN 0772 - 4683

Collaborateurs
José Bontemps, Virginie Chantry,
Jean-Michel Debry, Paul Devuyt,
Henri Dupuis, Julie Fiard,
Philippe Lambert, Jean-Luc Léonard,
Yaël Nazé, Théo Pirard,
Jean-Claude Quintart, Jacqueline Remits

Dessinateurs
Olivier Saive, SKAD, Vince

Relecture
Élise Muñoz-Torres
Ludivine Verduyck

Application mobile
PAF !

Couverture
Quatrième
Crédit: ESA



Toute reproduction totale ou partielle nécessite
l'autorisation préalable de l'éditeur responsable.

Scannez le QR Code
ci-contre grâce
à une application
de lecture QR Code
et vous accéderez
directement à
l'Appstore ou à Google
Play pour télécharger
l'application tablette
d'Athena.



Du pain et des emplois...

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be

8 8 700 salariés, un chiffre d'affaires de plus de 48 milliards d'euros dont 22 milliards à l'exportation, 1,2 milliard d'investissements, quelque 4 600 sites, tel est le poids de l'industrie alimentaire belge, selon le Rapport de développement durable 2013-2015 de la *Fédération de l'Industrie Alimentaire (FEVIA)*. Un secteur qui, malgré la crise, garde la pêche et engage chaque jour 36 nouvelles personnes, créant chaque année 8 000 postes de travail. Ainsi, à l'heure où notre société est toujours plus industrielle et virtuelle, l'alimentaire demeure un employeur de grande ampleur, vivant même une pénurie de personnel sur de nombreux profils.

Malgré des assiettes bien remplies, la *FEVIA* entend maintenir la pression au travers de 7 éléments clés: gagner son pain, autrement dit engranger des profits; faire fonctionner correctement le marché via une saine concurrence; avoir assez pour produire en suffisance grâce à des mesures éco-efficaces permettant de faire face à l'accroissement de la population mondiale; valoriser les ressources locales dans les produits; maintenir et développer les PME; offrir des produits belges partout dans le monde et enfin, s'adapter et innover. Innovation dans les procédés de fabrication, l'amélioration des recettes, la création de nouveaux produits mais aussi innovation en matière de santé publique afin d'enrayer l'obésité, le diabète ou freiner l'hypertension artérielle, véritables fléaux du 21^e siècle !

En moins de 10 ans, nos industriels ont, par exemple, ramené le volume de sel ajouté dans les denrées alimentaires à moins de 10%, sans que le consommateur ne le ressente. Selon la Fédération, quelque 33% des entreprises belges modifient chaque année la composition de leurs produits pour permettre aux consommateurs d'adopter un style de vie plus sain. Ces progrès sanitaires sont le fruit de programmes de Recherche & Développement et d'investissements dans l'innovation, notamment au travers des pôles de compétitivité tels que *Flander's FOOD* et *WagrALIM*.

Innovation aussi dans la manière de réduire les pertes alimentaires en valorisant les flux connexes des procédures de production dans le cadre de l'économie circulaire. Grâce à des mesures concrètes, encouragées par la *FEVIA*, le secteur est arrivé à limiter ses déchets de production à 270 g par habitant et par an. S'ajoutent ici des mesures prises en matière de réduction de la consommation d'énergie, d'utilisation rationnelle de l'eau et de gaspillage alimentaire tout au long de la chaîne de production.

Aujourd'hui, 2/3 des matières premières de notre industrie alimentaire sont d'origine nationale. Ce qui montre l'importance économique de ce secteur dont la croissance constante résulte de l'augmentation perpétuelle de ses exportations. Un essor alimenté par des campagnes internationales de promotion et

par le concept «*Food.be Small Country. Great Food*». Des résultats sur lesquels surfe la *FEVIA* pour générer des emplois; veiller à un environnement de travail de qualité; assurer de bonnes conditions de travail au-delà de nos usines et frontières et développer les compétences des salariés. Pour s'adapter, innover et croître, les entreprises alimentaires doivent pouvoir se reposer sur des collaborateurs compétents, motivés et être capables d'aider leurs salariés à relever leurs défis, note la Fédération.

D'où l'importance de la formation continue en entreprise, seul moyen de garder les salariés à la pointe de l'Art de leur métier. Si les industriels de l'alimentaire investissent sans cesse dans la formation des équipes de production, ils entendent aussi rendre leur secteur toujours plus attractif et toucher davantage de collaborateurs potentiels, notamment via l'initiative *Food@work*, site Internet dédié aux offres d'emplois. «*L'innovation est au centre de notre action et de nos réflexions*», déclare Bernard Deryckere, président de la *FEVIA*. Pour qui l'industrie alimentaire est aujourd'hui consciente que la croissance n'est possible que si elle est durable, en respectant l'Homme, l'environnement et la société. ■

<http://www.fevia.be>;
<http://www.fevia-durabilite.be>;
<http://www.food.be>
 et <http://www.foodatwork.info>

Actus...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Jean-Claude QUINTART • jc.quintart@skynet.be

Photos: Pixteur - avion (p.5), © ThyssenKrupp AG (p.6), B. SIEKER/Flickr - photovoltaïque (p.7), Institut Jules Bordet (p.8)

Il était une fois, en 2054...

Les chercheurs de *Xerox Research Center of Canada* ont profité du 40^e anniversaire de leur infrastructure pour donner libre cours à leur imagination et rêver le monde 40 ans plus tard ! «D'ici 2054, tout le monde sera un peu bionique», prédit Michelle Chrétien. La science des matériaux devrait permettre à des verres de contact munis de détecteurs de surveiller et d'afficher les niveaux de glucose et à des nanorobots circulant dans nos flux sanguins de contrôler la santé de nos tissus vasculaires. La chercheuse prédit encore que «grâce aux progrès liés aux polymères biocompatibles et à d'autres matériaux, les organes et tissus comme la peau et les os pourraient être facilement fabriqués, rendant le traitement des maladies et traumatismes plus personnel et accessible».

De son côté, Brynn Dooley estime que «la technologie des matériaux pourrait aussi aider à améliorer l'air que nous respirons et l'eau que nous buvons». Des films et membranes de conception moléculaire pourraient être mis en place pour aider à ralentir l'émission de dioxyde

de carbone dans l'atmosphère et améliorer le traitement des eaux usées. «Les chimistes convertiront les déchets en carburants et en matières premières et les nouveaux matériaux et membranes isolants réduiront la quantité d'énergie nécessaire pour nous chauffer et climatiser nos maisons», déclare Jordan Wosnick. Tandis que David Lawton estime que «les 40 prochaines années pourraient conduire à une renaissance industrielle avec des installations de fabrication plus petites et écologiques». Et d'ajouter que «les contraintes physiques actuelles pour la conception robotique disparaîtront probablement avec l'arrivée de matériaux plus légers». Paul Smith, vice-président et directeur général du XRCC, déclarait quant à lui que «l'avenir reposera sur la capacité des innovateurs et partenaires à combler l'écart entre la recherche de base et la commercialisation des nouveaux produits». Bref, à en juger par cet exercice, les Canadiens de Xerox ne manquent pas d'idées pour demain ! Mais se réaliseront-elles ? ■

<http://xrcc.external.xerox.com>



La Sonaca au Brésil

L'avionneur brésilien *Embraer* a décerné au wallon *Sonaca* le Prix du meilleur fournisseur 2014, pour son partenariat, la qualité de ses livraisons, le respect des délais et le dévouement de ses salariés. Sachant qu'*Embraer* ne manque pas de fournisseurs, on ne peut que féliciter chaleureusement l'entreprise belge pour cette belle performance.

Avec près de 200 ingénieurs, *Sonaca* est aujourd'hui reconnu mondialement pour son professionnalisme en conception, production et assemblage de structures aéronautiques et systèmes associés. À gros traits, la société est plus particulièrement liée au développement et à la production de bords de bords d'attaque mobiles et fixes de voilures et de panneaux de fuselages. Notre avionneur se distingue encore par ses matériaux et technologies innovants, le développement de structures en composite de pointe, la mise au point d'outils de simulation, etc. À ce titre, il est partenaire des plus grands noms du Gotha aérospatial: *Airbus*, *Bombardier*, *Embraer*, *EADS*, *Lockheed Martin*, *Raytheon Aircraft*... ■

<http://www.embraer.com>
et <http://www.sonaca.com>



Du carburant à base de CO₂

Les cimentiers seraient-ils les alchimistes du 21^e siècle ? On pourrait le croire à en juger par leur volonté d'obtenir de l'énergie au départ de CO₂, si ce travail n'avait pas reçu l'approbation de l'Université de Mons (UMONS). Fin 2014, les représentants des groupes cimentiers s'y sont retrouvés pour évoquer les avancées scientifiques de leur projet. Un aréopage de haut niveau, issu de la Commission européenne, de l'industrie cimentière et des facultés d'Italie, de Norvège et d'Allemagne, ont échangé sur le thème de la capture du CO₂ et de sa réutilisation appliquée à l'industrie cimentière.

Cette première réunion s'inscrit à la suite de la signature, en avril 2013, d'un accord de coopération académique et scientifique entre l'industrie cimentière et l'UMONS, pour la création d'une chaire dédiée à l'amélioration environnementale du secteur cimentier. En filigrane se dessine ici l'ambitieux challenge de transmutation du CO₂ en énergie utilisable ! Le genre de défi qu'affectionne particulièrement l'Université montoise, dont il est inutile de rappeler ici le rôle moteur tout au long de la révolution industrielle des 19 et 20^e siècles en Wallonie. Ainsi, l'objectif principal de cette chaire ECRA (European Cement

Research Academy) sera la mise sur pied d'un centre d'expertise scientifique pour la niche particulière de la capture et de la réutilisation du dioxyde de carbone au niveau de la production cimentière et la promotion de la recherche et de l'innovation dans ce domaine.

« Cette Chaire sera promotrice d'études pour la capture du CO₂ au niveau des cimentiers et de sa conversion potentielle en carburant », explique l'UMONS. Qui précise que les travaux cibleront la production d'oxygène pour l'oxycombustion (procédé qui utilise du dioxygène comme carburant à la place d'air) et la comparaison de différentes technologies; le traitement des affluents gazeux en capture du CO₂ par absorption ou adsorption (fixation de molécules, de gaz ou de liquide sur

une surface solide) pour l'oxycombustion mais également pour des projets pilotes relatifs aux technologies de capture en postcombustion; enfin, la réutilisation du CO₂ par sa conversion en méthanol ou en méthane via une énergie renouvelable. Le projet est financé pour 3 ans renouvelables, permettant des travaux de thèse, une coordination par un post-doc et des professeurs et qui prévoit aussi le financement d'un Prix, la tenue d'événements (ateliers, séminaires, conférences, etc.) ainsi que la publication de rapports et de résultats dans la presse scientifique internationale. ■

<http://www.umons.ac.be>
et <http://www.ecra-online.org>



AGFA awardé

25 projets de qualité mais un seul vainqueur: Agfa Graphics et son encre révolutionnaire pour emballages alimentaires. Gratifiée de l'essenscia Innovation Award, cette nouvelle encre couplée à une technologie d'impression à jet d'encre est particulièrement durable et permet pour la première fois d'imprimer directement sur les emballages pour boissons et aliments.

Cette encre à faible migration et à séchage UV repose sur des formules chimiques spécifiques conformes aux directives européennes en matière d'emballage alimentaire. Elle a également été développée en étroite concertation avec les utilisateurs finaux, fabricants de têtes d'impression et experts en emballage alimentaire. Notons que ce produit innovant répond également aux critères des emballages pharmaceutiques.

Décerné tous les 2 ans par la Fédération de l'industrie chimique, des matières plastiques et des sciences de la vie, l'essenscia Innovation Award, d'un montant de 30 000 euros, récompense une solution complète et innovante en réponse à un problème actuel ou prévisible. ■

<http://www.agfagraphics.com> et <http://www.essenscia.be>

2015, année du recyclage !

OPÉRATION récupération

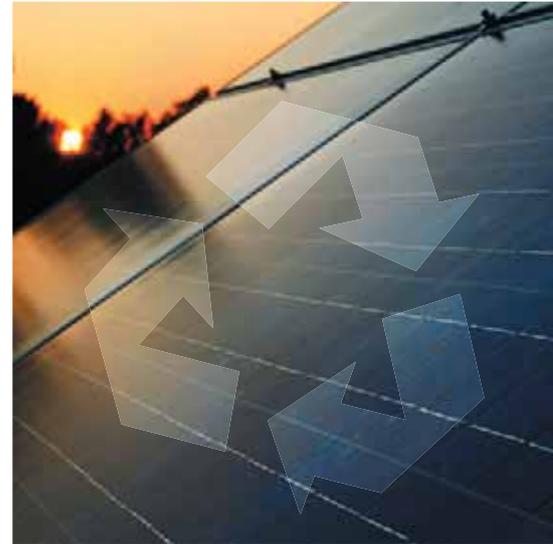
Il n'est pas inutile de le rappeler, l'heure est aux économies tous azimuts.

Si nous économisons avec nos panneaux photovoltaïques, leur durée de vie n'est hélas pas illimitée. Vieillesse, dégâts divers font qu'après une vingtaine d'années, il est temps de les remplacer. Aujourd'hui, les premières générations arrivent en fin de carrière. Qu'en faire sinon les recycler ? D'où les projets *SolarCycle* (mené par le laboratoire *GREENMat* de l'Université de Liège) et *4MAT* (élaboré par l'Université libre de Bruxelles en collaboration avec 2 entreprises wallonnes du recyclage: *RECMA* et *Comet traitement*), qui visent à l'élaboration d'une technologie générique de recyclage applicable à tous

les panneaux photovoltaïques à base de silicium.

Plus concrètement, cette équipe scientifico-industrielle planche sur la rédaction de protocoles de démantèlement et de tri des fractions afin de minimiser la perte de matières - notamment des métaux rares - et de maximiser les cas de réutilisation de ceux-ci avec la plus haute valeur ajoutée. *SolarCycle* souhaite inscrire ses travaux dans une économie circulaire en collectant les panneaux photovoltaïques dans une zone de 500 km autour de Liège et atteindre, après traitement, un taux de revalorisation dépassant 95%. ■

<http://www.ulg.ac.be>



Coopération transfrontalière

Le liégeois *CMI* annonce qu'il est partie prenante de *Metafensch*, une plate-forme publique française qui fédère industriels et universitaires lorrains autour d'un programme d'élaboration de technologies de valorisation des déchets industriels et résidus du travail des métaux. L'objectif est de relever le challenge de l'économie circulaire du monde des matériaux tant en recyclage et valorisation des coproduits qu'en montée en gamme des produits, en appui aux fondeurs, producteurs et industriels de l'automobile, de l'aéronautique et de l'énergie. Dans ce cadre, on peut citer par exemple *Gazflu*, projet de valorisation des déchets résiduels du processus de recyclage des composants des automobiles en fin de vie. L'idée est ici de mélanger ces résidus de broyage légers à des déchets de bois, de gazéifier le tout et d'utiliser ensuite ce gaz de synthèse comme combustible dans les usines de Florange.

À côté de *CMI*, on trouve également comme actionnaire et partenaire de *Metalfensch*, le wallon de Charleroi *Xylo-watt*, réputé pour ses solutions de cogénération de la biomasse. ■

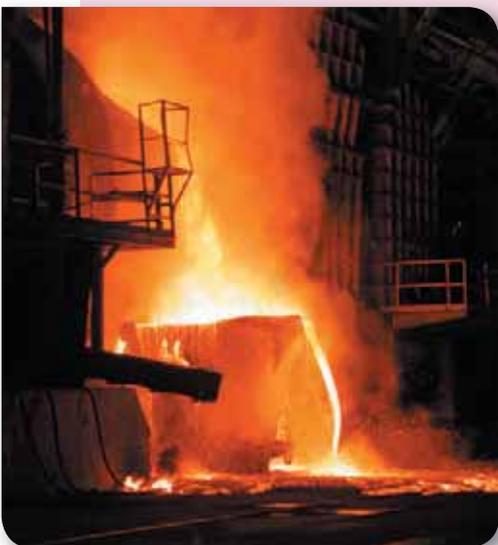
<http://www.cmigroupe.com>

Centre d'innovation

Umicore, la Katholieke Universiteit Leuven (KUL), Université Gent (UGent), l'Université de Liège (ULg), *Vision & Technology (VITO)* et le *Centre de Recherche Métallurgique (CRM)* se sont associés autour d'un projet de création d'un centre d'innovation pour le recyclage des matières premières. Menés sur le campus de la KUL, les travaux de ce centre viseront à l'amélioration du recyclage, l'efficacité des techniques de production, la promotion de l'extraction primaire, la réduction de la consommation de matières premières, etc.

Les retombées devraient ouvrir de nouvelles pistes aux industriels du recyclage, notamment dans la conception de nouvelles technologies de recyclage des matériaux critiques rares, le remplacement de ceux-ci, l'éco-conception et l'économie fonctionnelle. Vu les enjeux portés par cette initiative, la Commission européenne a confirmé son soutien, au sein d'un consortium plus large, en cofinçant à hauteur de 25% les projets qui seront conduits par ce centre. ■

<http://www.umicore.com>



La récurrence dans le viseur

Chaque année sont détectés, chez nous, quelque 8 600 nouveaux cas de cancer de la prostate. Les traitements (prostatectomie ou radiothérapie) s'avèrent toujours plus efficaces, tout comme le suivi des patients qui permet, dans les 10 années suivant l'intervention, d'en encore détecter, après analyse du PSA (*Prostate-specific Antigène*), une récurrence chez 30 à 50% d'entre eux. Énorme ! À noter qu'en cas de faible augmentation du PSA au moment où débute la récurrence, la localisation du foyer cancéreux n'est possible que dans moins de 10% des cas avec les méthodes classiques. Une forte augmentation du PSA conduira alors le patient à subir un PET-CT Scan à la choline marquée au fluor, technologie qui permettra de localiser les récurrences dans 40% des cas. Mieux mais encore insatisfaisant, d'autant qu'il s'agit d'une technique coûteuse et peu disponible vu la nécessité d'un cyclotron pour produire le Fluor-18 et d'une unité spécialisée pour le marquage radioactif du traceur.

Pour pallier cette situation, l'*Institut Jules Bordet*, spécialiste de l'oncologie, a été le premier à lancer en Belgique une nouvelle technique de détection et de localisation très précoces des récurrences du cancer de la prostate. Baptisée Ga68-PSMA PET-CT, cette approche est une nouvelle forme d'imagerie médicale basée sur le PET-Scan, via laquelle un radiotraceur ciblant spécifiquement une protéine appelée PSMA (*Prostate-specific Membrane Antigen*) générée exclusivement au niveau des foyers de récurrence est administrée au patient. Une avancée spectaculaire pour les malades lorsqu'on sait qu'après un PET-Scan, les récurrences éventuelles seront objectivées avec haute précision, une heure après l'administration intraveineuse du radiotraceur. En effet, on note ici un taux de détection des récurrences de 70%, soit 50% de mieux que toutes les autres techniques cumulées. Le marquage du traceur utilisant comme isotope le Gallium-68 ne nécessite ni cyclotron, ni unité spécialisée,

Coup d'crayon

Illustration: Olivier SAIVE/Cartoonbase



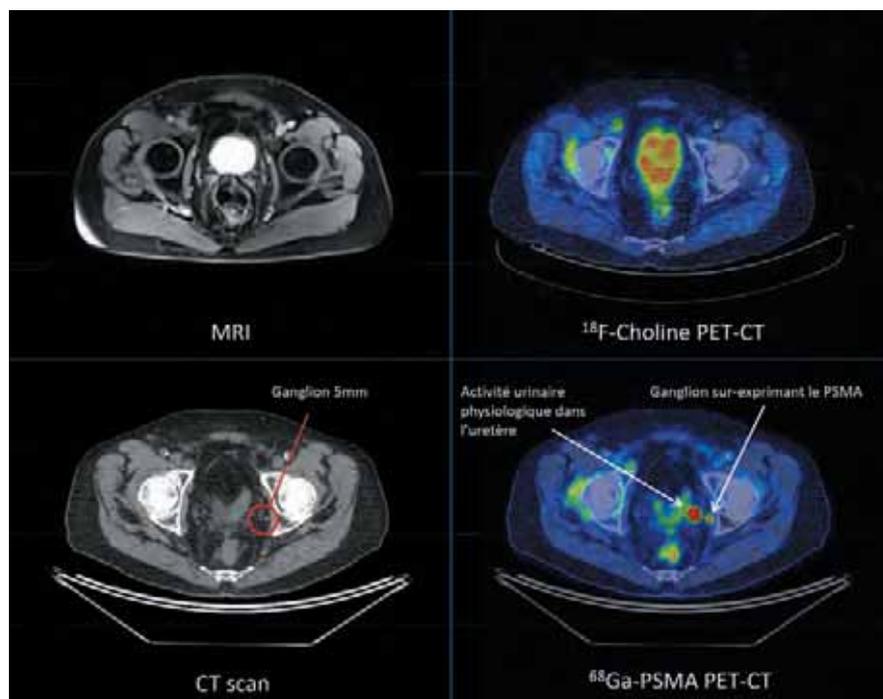
On pensait les grenouilles ovipares... jusqu'à aujourd'hui ! C'était sans compter le hasard et l'instinct fouineur de l'herpétologiste américain Jim McGuire. Celui-ci a mis la main, en Indonésie, sur une toute petite grenouille verte d'environ 5 cm nommée *Limnonectes larveapartus*, qui a donné naissance à des larves directement, sans passer par la case œuf...

l'isotope pouvant être produit *in situ* au moyen d'un générateur.

Actuellement exploitée aux fins d'études cliniques, les résultats de cette technique sont consignés dans une base de données dont l'analyse permettra d'évaluer l'impact sur le choix de traitements et les chances de survie du patient. S'inscrivant dans la ligne d'autres avan-

cées de l'*Institut Jules Bordet*, comme la première thérapie au Lutetium en 2013, la technologie Ga68-PSMA PET-CT a été initiée par le professeur Patrick Flamen, chef du service de Médecine nucléaire, avec le support financier de l'association *Les Amis de l'Institut Bordet*. ■

<http://www.bordet.be>



L'après AVC : nouvelle méthode de révalidation



Dans notre pays, on compte chaque année quelque 19 000 accidents cardiovasculaires cérébraux (AVC) et la majorité des patients qui y survivent manifestent des séquelles permanentes motrices ou langagières (aphasie). Si après un AVC, kinésithérapie et ergothérapie permettent une récupération, celle-ci n'est que partielle. Pour pallier cette situation, une des pistes de la neuro-révalidation passe par l'amplification des capacités d'apprentissage moteur des membres affectés par l'AVC. Dans ce contexte, la stimulation transcrânienne par courant électrique direct (tDCS), qui consiste à appliquer de faibles courants électriques sur la tête du patient pendant de brefs instants, permet de moduler l'activité cérébrale et d'accroître les performances motrices. Une première étude conduite en 2012 par les professeurs Yves Vandermeeren et Patrice Laloux avait démontré le bienfondé de la tDCS sur l'amplification de l'apprentissage moteur et la mémoire à long terme à la suite d'un AVC. Cette étude avait d'ailleurs valu à l'équipe de neurochirurgie du CHU de Dinant Godinne le Prix Fernand Depelchin décerné par l'Université catholique de Louvain (UCL).

Forte de ce premier succès, l'équipe a, durant les derniers mois, lancé

un nouvel essai clinique, en double aveugle, sur 19 patients atteints de déficit moteur d'un membre supérieur. La tDCS étant quasiment imperceptible, les patients ne pouvaient faire la différence entre la simulation réelle ou le placebo. Pendant la première séance (réelle ou placebo), ils apprenaient à réaliser une tâche avec la main paralysée, associant vitesse et précision. La semaine suivante, ils reproduisaient la même opération alors qu'une IRM fonctionnelle enregistrerait l'activité cérébrale. Le résultat obtenu montre, comme dans l'étude précédente, que la tDCS a amélioré de manière spectaculaire la capacité d'apprentissage moteur avec la main paralysée et la rétention de mémoire à long terme. Une semaine après la simulation placebo, l'activité cérébrale demeurait très diffuse alors qu'après simulation réelle, l'activité cérébrale ciblait les zones motrices essentielles, pratiquement comme chez un individu indemne après AVC, avec une performance motrice nettement meilleure. Un pas en avant qui ouvre la porte vers de nouvelles pistes thérapeutiques pour les victimes d'AVC. Le travail de l'équipe a fait l'objet d'une publication dans la revue *Brain*. ■

<http://www.chudinantgodinne.be>
et [http://brain.oxfordjournals.org/
content/early/recent/](http://brain.oxfordjournals.org/content/early/recent/)

Le chiffre

10¹⁴

Soit 100 000 milliards ! Tel est le nombre de bactéries que compte notre microbiote, ou intestin, soit 10 fois plus que celui des cellules formant notre corps ! Un monde où activité et composition varient au rythme des maladies somatiques et des bactéries susceptibles d'entrer en «communication» avec le cerveau pour générer des changements de comportement. De quoi titiller des chercheurs de l'UCL qui ont envisagé son rôle dans la dépendance à l'alcool.

Bingo ! Les résultats montrent que certains alcooliques ont des altérations de la composition et de la fonction du microbiote. Ils montrent aussi une augmentation de la perméabilité intestinale, suggérant que certaines bactéries perturbent la fonction barrière de l'intestin. Ils révèlent encore que les alcooliques avec dysbiose (changement de composition et d'activité du microbiote intestinal) sont davantage dépressifs et anxieux et ont une appétence à l'alcool plus marquée que les alcooliques au microbiote normal. L'équipe suggère que ce désordre puisse être associé à une forme plus sévère de dépendance avec risque de rechute plus élevé. Tout ceci débouche sur de nouvelles pistes thérapeutiques, ciblant désormais l'intestin et non plus le cerveau. Dirigés par Philippe de Timary et Nathalie Delzenne, tous 2 professeurs à l'UCL, ces travaux font l'objet d'une publication dans *PNAS*.

<http://www.uclouvain.be>

FOCUS

UNE AIDE, UNE SUCCESS STORY !

sur: TRASIS

Carte d'identité

NOM	TRASIS sa
ANNÉE DE CRÉATION	2004
SECTEUR D'ACTIVITÉ	Conception d'instruments pour substances radio-pharmaceutiques en médecine nucléaire
CHIFFRE D'AFFAIRES	4,5 millions d'euros en 2014
NOMBRE DE PERSONNES EMPLOYÉES	20
ADRESSE	Rue Gilles Magnée, 90 4430 Ans
TÉLÉPHONE	04 365 86 57
SITE INTERNET	www.trasis.com

La société *Trasis* est spécialisée dans un secteur de niche qui lui réussit: la conception d'instruments destinés aux radio-pharmacies et aux départements de médecine nucléaire des hôpitaux pour la préparation de substances radio-pharmaceutiques et médicales, en particulier pour l'imagerie diagnostique par TEP (Tomographie par Émission de Positrons). Il s'agit d'une part de systèmes de radio-synthèse de ces substances; d'autre part, de solutions de conditionnement et d'administration aux patients de ces substances sous forme de doses individuelles lors d'exams par TEP, permettant notamment de localiser

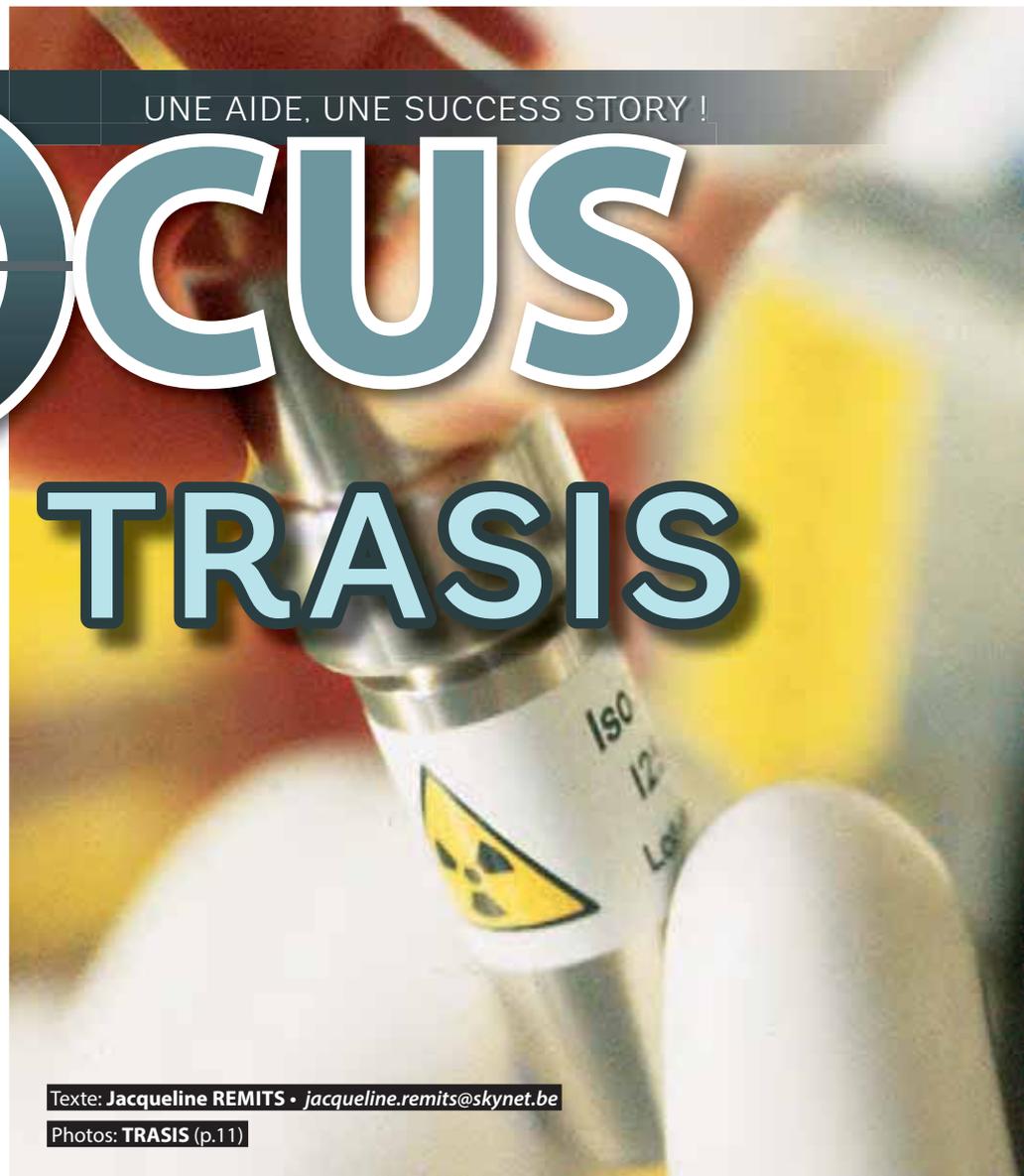
des tumeurs cancéreuses. «*Nous avons conçu un automate - pour lequel nous avons par ailleurs reçu une avance récupérable de la DGO6 - qui prépare ces doses radio-pharmaceutiques individuelles et les livre directement dans un conteneur blindé, prêtes à l'injection*», explique Jean-Luc Morelle, l'un des 2 administrateurs délégués de *Trasis* avec Gauthier Philippart. Une seringue spéciale facilite l'automatisation du processus. Sa préparation manuelle était, en effet, très exposante pour le personnel infirmier. *Trasis* fait fabriquer ces instruments dans des ateliers de la région liégeoise et les assemble localement.

PRODUITS POUR L'IMAGERIE MÉDICALE

De manière générale, la société développe également des instruments de

production de produits radio-pharmaceutiques. «*Nous nous étions focalisés en premier lieu sur le produit de conditionnement et d'administration parce qu'il nous paraissait être celui qui répondait au besoin le plus criant. Notre hypothèse de départ s'est révélée fondée. De fait, les isotopes utilisés en TEP exposent davantage le personnel hospitalier que les isotopes utilisés avant la popularisation de cette technique. La prise de conscience de cette question se développe de plus en plus.*»

Ce n'est pas là le seul produit de *Trasis*. «*Dans le cadre de Biowin notamment, nous développons également des automates qui servent directement à la synthèse des produits injectés. Ces nouveaux dispositifs permettent de préparer et de synthétiser les traceurs utilisés en TEP. Dans une telle synthèse, l'un des réactifs est l'élément radioactif. Cet ingrédient n'est pas fourni par *Trasis*. Il provient soit d'un cyclotron, soit d'un générateur ou d'un réacteur et est approvisionné par les utilisateurs de nos machines. Nos instruments*



Texte: **Jacqueline REMITS** • jacqueline.remits@skynet.be

Photos: **TRASIS** (p.11)

de synthèse sont conçus pour répondre aux besoins des hôpitaux, des centres de recherche qui développent de nouvelles molécules ou des producteurs industriels de substances radio-pharmaceutiques. Ce sont autant de petits laboratoires miniatures automatisés et sécurisés». Ces projets sont réalisés en collaboration avec des centres de recherche, en particulier avec celui du cyclotron de l'Université de Liège.

Les clientèles sont différentes selon les produits. Comme le précise Jean-Luc Morelle, «notre appareil de fractionnement de doses Unidose, qui sert à réduire l'exposition du personnel médical aux radiations ionisantes, est utilisé dans les hôpitaux qui disposent d'une unité d'imagerie TEP. Ce marché est principalement européen. L'extension de notre marché au cours des 3 dernières années est consécutive au développement de la nouvelle gamme de synthétiseurs radio-pharmaceutiques qui se vend dans le monde entier. Ces appareils constituent désormais la moitié de notre chiffre d'affaires.»

CHERCHEUR SUBSIDIÉ

POUR MISSION À L'ÉTRANGER

C'est dans cette optique que Trasis a sollicité la Région wallonne pour obtenir une aide «First Entreprise International». «Nous cherchions à développer une gamme d'appareillages utilisant le marquage au carbone-11 (C-11), reprend le co-administrateur. Plusieurs isotopes sont utilisés en TEP, dont le plus courant est le fluor 18. Par ailleurs, un nombre croissant d'hôpi-

taux disposent d'un cyclotron à proximité, qui permettrait l'utilisation de molécules marquées au carbone-11. S'il n'est quasiment pas utilisé en usage clinique en raison de sa courte période, le C-11 possède des propriétés exceptionnelles qui permettent de réaliser certains traceurs sans équivalent en fluor 18.» Le centre de recherche Cyceron à Caen, attaché au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA, France), est également intéressé par le développement de molécules marquées au carbone-11. «Et nous, nous voulions offrir un service dans ce domaine. Avec cette aide spécifique, nous avons envoyé, entre 2012 et 2014, un de nos chercheurs à temps partiel à Caen pour développer le procédé avec les chercheurs français. Il s'agissait de la mise au point d'une méthode de préparation au C-11-méthionine, un marqueur utilisé en oncologie cérébrale.» Le produit est en cours de finalisation et le procédé est maîtrisé. Reste à la société liégeoise à industrialiser la mise en œuvre de cette méthode avec leur synthétiseur; méthode qui consiste à optimiser les séquences de synthèse et à développer des trousse de consommables, notamment les réactifs associés à la synthèse de la substance.

«Les projets de Trasis sont, en effet, définis par substance et non par indication médicale, telle n'étant pas notre compétence. Nous restons attentifs aux tendances qui se dessinent dans le milieu de la recherche médicale en médecine nucléaire pour répondre à la demande, ou parfois essayer de l'anticiper. On observe parfois qu'il y a un marché potentiel encore inexploité. Tel nous semble être le cas de certains traceurs au C-11. Une aide comme First Entreprise International nous permet d'aller plus loin», conclut Jean-Luc Morelle. ■



L'aide

First entreprise international en résumé:

Type de promoteur:

PME, GE ou ENA.

Partenariat:

Accueil par un centre de recherche (CR) établi dans un État membre de l'UE ou dans un CR établi en dehors de l'UE dans le cadre d'un accord de coopération Wallonie - pays d'accueil (la liste est disponible sur demande à la DGO6).

Objet:

L'engagement et la formation d'un chercheur par le biais d'un stage à l'étranger en vue de renforcer le potentiel scientifique et technologique de l'entreprise.

Taux d'intervention:

L'intensité maximale de l'aide varie de 50% à 70% en fonction du type d'entreprise et des caractéristiques du projet.

Dépenses éligibles:

- les dépenses de personnel relatives au chercheur;
- un montant de 5 000 euros par semestre à l'organisme d'accueil partenaire;
- les frais de voyage et de séjour dans le pays d'accueil;
- les frais généraux.

Propriété des résultats:

Vous êtes propriétaire des résultats de vos recherches et vous en disposez dans le respect de la convention.

+ Plus d'infos



Département du Développement technologique
Direction des Projets de Recherche

Tél.: +32 (0)81 33 45 62

raymond.montfort@spw.wallonie.be

<http://recherche-technologie.wallonie.be/go/fei>

Les arômes: un subtil mélange, mais de quoi ?



Texte : **Virginie CHANTRY** • virginie.chantry@gmail.com

Photos: **EASYFOTOSTOCK** (p.12), **MAXPPP** (p.15)

La perception de la partie aromatique de la flaveur grâce à l'olfaction rétronasale provient de ce que l'on appelle également l'arôme ou les arômes d'un aliment. Il s'agit de molécules organiques de faible masse moléculaire dont une fraction «flotte» dans l'atmosphère environnant l'aliment: ce sont des composés volatils. Lorsqu'on sent un aliment, ces arômes sont aspirés vers les muqueuses olfactives. Il en va de même par voie rétronasale lorsque l'aliment est placé dans la bouche, cette dernière étant reliée à la cavité nasale. Dans les 2 cas, les composés volatils aspirés sont dissous dans la muqueuse qu'est l'épithélium olfactif, tissu d'environ 2,5 cm² situé au fond des fosses nasales. Ils se lient ensuite à des molécules réceptrices, qui permettent d'envoyer une information vers le bulbe olfactif, voisin de l'épithélium olfactif et centre de pré-traitement de l'information olfactive.

Un stimulus ou message électrique est alors envoyé vers la partie inférieure du lobe frontal du cerveau qui traite les signaux reçus pour en extraire 2 informations: l'intensité de l'odeur perçue due à la concentration de la substance

et la nature de l'odeur en elle-même. Ce deuxième point fait appel à la mémoire. Il faut savoir qu'entre la dissolution des arômes dans le mucus et la réception par le cerveau du message olfactif, des détecteurs et autres multiplicateurs contribuent à amplifier le signal reçu. L'être humain est en fait doté d'un nez très sensible ! Mais il ne s'en sert en général que de manière assez basique, pour le plaisir, comme dans le choix d'un parfum ou pour humer un bon plat. Parfois aussi, l'odorat permet de détecter des aliments périmés. En résumé, en nous exerçant, nous pourrions faire bien plus avec notre nez que la plupart des animaux ! Mais tout le monde n'est pas égal devant l'odorat. Certaines personnes ont besoin de 1 000 fois moins de composés volatils que d'autres pour être capables de reconnaître un arôme ou une odeur. À noter que la salive joue un rôle primordial dans la libération des arômes au fur-et-à-mesure de la mastication d'un aliment: elle peut en retenir certains pour les libérer ensuite graduellement, phénomène qui, en œnologie, peut par exemple amener de la longueur en bouche.

LES ARÔMES, C'EST QUOI ?

Un arôme ne représente en général qu'une part infime d'un aliment en terme de masse, quelques dizaines de ppm (partie par million) tout au plus, mais peut être constitué de plusieurs centaines de composés volatils, comme l'arôme de café, qui en compte plus de 800. L'arôme de grenadine, quant à lui, contient 6 molécules volatiles seulement: supprimez-en ne fût-ce qu'une et vous ne reconnaîtrez plus le traditionnel sirop ! En revanche, dans le cas des aromates et des épices, la concentration en arômes est plus élevée. Elle peut aller de 0,1 à 1% pour les aromates et de 1 à 20% pour les épices. Le clou de girofle, par exemple, est constitué de 15 à 20% d'arômes, la muscade de 8 à 9% et le cumin de 2 à 5%.

Tous les composés ne jouent pas le même rôle dans l'arôme d'un aliment. En effet, la note caractéristique peut être donnée par une seule ou par plusieurs substance(s) clé(s). Et même dans certains cas comme le chocolat, aucun

Lorsqu'on sent un aliment, on perçoit une odeur. Lorsqu'on le met en bouche, c'est le goût qui prend le dessus. Les papilles gustatives de la langue permettent de détecter 4 types de saveur: le salé, le sucré, l'acide et l'amer; auxquelles les Japonais ajoutent une 5^e appelée «umami» («goûteux») qui est liée au glutamate de sodium, un acide aminé que l'on trouve par exemple dans la sauce soja. En cas de rhume, ce n'est pas seulement notre capacité à sentir qui est fortement diminuée, mais également notre plaisir à goûter. L'odorat et le goût sont donc étroitement liés: l'un ne va pas sans l'autre. Mais en réalité, quand on mange, on perçoit le goût bien sûr mais aussi l'arôme et ce, grâce à l'olfaction rétronasale. La plupart des sensations gustatives proviennent de l'odorat par voie directe et des arômes par voie rétronasale. Aux perceptions gustatives et olfactives s'ajoutent des perceptions dites «trigémiales» liées aux sensations thermiques, tactiles et chimiques de l'aliment sur la langue. En résumé, la saveur, l'arôme, l'astringence (1), la sensation de chaleur (pensez au piment) et de fraîcheur (pensez à la menthe) forment ce que l'on appelle la «flaveur» d'un aliment, détectable par la bouche et le nez. Maintenant que la situation est claire, penchons-nous sur les arômes. Comment les perçoit-on ? Quels types d'arômes pouvons-nous trouver dans la nature ? Existe-t-il des arômes artificiels ?

LES TYPES D'ARÔMES ET LES MÉTHODES D'EXTRACTION

élément caractéristique n'est identifié. Il existe également une catégorie de composés pouvant accentuer les perceptions olfactives ou gustatives sans changer l'essence d'un arôme ou d'une saveur: on les appelle les exaltateurs d'arôme ou exhausteurs de goût. Dans les aliments ayant subi des transformations, ils sont en général considérés comme des additifs et identifiés par un «E» suivi de 3 chiffres sur l'emballage. Cependant, il est conseillé d'en limiter fortement la consommation et ce à cause, entre autres, de leur caractère parfois synthétique et de leurs effets toxiques sur l'organisme: ils pourraient favoriser l'apparition de cancers. L'exhausteur naturel de goût le plus connu est... le sel, dont il ne faut pas non plus abuser.

À noter que les arômes sont de valeur nutritive nulle. De plus, ils sont relativement fragiles. Il faut donc conserver les aliments à l'abri de la chaleur et de la lumière sous peine de dégradation des qualités organoleptiques (2) des denrées.

Diverses méthodes sont utilisées pour extraire ou concentrer les arômes d'une matière végétale (alimentaire ou non) ou animale. Il existe 5 catégories d'arômes: naturels, artificiels, identiques naturels, de transformation et enfin, de fumée. Les premiers existent naturellement dans les végétaux ou les animaux d'où ils sont extraits par différents procédés, selon leur nature et l'usage désiré. Voici quelques exemples de méthodes d'extraction:

► L'extraction par solvant

Comme son nom l'indique, cette technique est basée sur l'usage d'un solvant, qui sera ou non éliminé en fin de procédé. La réalisation d'une pommade peut par exemple se baser sur la mise en contact de fleurs avec une matière grasse solide faisant office de solvant. Ce procédé s'appelle l'enfleurage, terme qui doit être familier à tous ceux qui ont lu *Le Parfum* de Patrick Suskind. Les arômes des fleurs sont «absorbés» par la matière grasse. Grâce à un processus incluant entre autres la dissolution à chaud de la graisse dans de l'alcool, il

est possible d'extraire tous les composés volatils du résidu pour obtenir une solution que l'on appelle une «absolue».

Autre exemple: en faisant macérer une substance végétale dans un solvant organique volatil, comme l'éther éthylique ou l'alcool éthylique, que l'on élimine ensuite avec soin par distillation (voir explication ci-après), on obtient des oléorésines. Cette technique plus complète permet de récupérer les composés volatils mais également des composés sapides (3) non volatils ainsi que certains colorants. À partir de matière végétale fraîche, on obtiendra une oléorésine appelée «concrète»; à partir de matière végétale sèche, il restera une oléorésine appelée simplement «résine». L'utilisation de solvants potentiellement nocifs pour la santé est soumise à une réglementation stricte, notamment au niveau de leur teneur résiduelle dans le produit fini.

► La concentration par déshydratation

Elle consiste à réduire au maximum la quantité d'eau contenue dans la substance traitée. Cela permet d'obtenir un produit sec aromatique (comme les oignons déshydratés) ou un concentré aqueux (comme le concentré de citron).



ATTENTION, l'habit ne fait pas le moine !

En général, ce sont les coûts de production qui poussent les industries vers les arômes identiques naturels ou artificiels plutôt que vers les arômes naturels. Méfiez-vous cependant de l'appellation «arôme naturel goût de X» qui ressemble très fort à «arôme naturel de X» qui, elle-même, ressemble très fort à «arôme naturel X». La mention «arôme naturel X» implique obligatoirement que 100% de la partie aromatisante de l'aliment proviennent de la source naturelle X. La mention «arôme naturel de X» fait référence à l'utilisation d'arômes issus au moins à 90% de la source naturelle X, les 10% restant devant provenir d'une source naturelle, quelle qu'elle soit. En revanche, la mention «arôme naturel goût de X» est permise tant que l'arôme est similaire à celui de la source X renseignée. Il peut cependant avoir été obtenu par transformation non chimique d'un bout de bois ou d'un champignon... L'arôme naturel goût de fleur d'oranger par exemple est extrait certes des fleurs, mais aussi des feuilles de l'oranger, voire des oranges elles-mêmes.

► L'expression

Cette technique permet de recueillir des huiles essentielles grâce à des procédés mécaniques comme la compression ou l'incision.

► La torréfaction

Ce procédé consiste à griller ou rôtir une matière végétale afin qu'elle développe ses arômes. L'exemple le plus connu est le café.

► La distillation sèche

Elle consiste à chauffer la matière dont on veut extraire les arômes. La vapeur d'eau produite due à l'eau contenue naturellement dans la substance entraîne avec elle les composés volatils. On peut ensuite les récupérer par condensation afin d'obtenir une huile dite «empyreumatique».

► L'entraînement à la vapeur

Ici, la vapeur d'eau est créée indépendamment de la matière végétale: on chauffe de l'eau dans un récipient que l'on met sous la matière dont on veut extraire les arômes. La vapeur la traverse et emporte avec elle les composés volatils que l'on récolte ensuite, sous forme de solution concentrée encore appelée «huile essentielle», par condensation puis décantation. L'hydrodistillation est une variante de l'entraîne-

ment à la vapeur au cours de laquelle la matière végétale ou animale est plongée directement dans l'eau, le tout étant ensuite chauffé.

Pour conserver leur appellation d'arômes naturels, ces derniers ne peuvent subir qu'une série limitée de transformations réglementées, dont des transformations physiques comme certaines citées ci-dessus, et l'ensemble de leurs composants doit avoir été fourni exclusivement par Mère Nature.

Les arômes artificiels, comme leur nom l'indique, n'existent pas dans la nature. Ils sont synthétisés en laboratoire par les chimistes qui cherchent sans cesse à en développer de nouveaux. Ils sont considérés comme des additifs, contrairement aux arômes naturels ou aux arômes identiques naturels (*voir paragraphe suivant*). Leur utilisation dans les aliments est strictement réglementée. Ils sont d'ailleurs plus usités pour parfumer des cosmétiques.

Les arômes identiques naturels sont créés de toute pièce par les scientifiques, mais ils reproduisent des arômes présents dans la nature. Ils sont en fait composés des mêmes molécules que leur pendant naturel mais synthétisées. La vanilline, par exemple, composé caractéristique qui donne le goût et l'odeur de la vanille, est un arôme naturel qui peut être reproduit en laboratoire. Dans ce cas, on obtient un arôme identique natu-

rel dont le goût est également semblable à celui de la vanille. L'éthylvanilline, quant à elle, est un composé synthétique dont l'arôme est similaire à celui de la vanilline, mais 2 à 4 fois plus puissant. Il s'agit donc d'un arôme artificiel. Il coûte 2 fois moins cher que la vanilline de synthèse. L'arôme de mimosa, très demandé, est quant à lui, toujours synthétique. Toxique, il ne peut être utilisé à l'état «naturel».

Les arômes de transformation s'obtiennent par réaction de Maillard. Cette réaction chimique se produit lors de la cuisson par concentration d'un aliment (qui vise à concentrer les nutriments et éléments sapides dans l'aliment): les sucres tels que le glucose et le fructose agissent sur les protéines et acides aminés de l'aliment; s'ensuit la formation de pigments bruns et d'arômes typiques. Un poulet qui rôtit subit une réaction de Maillard. Il en va de même pour des croissants que l'on met dorer au four. Les industriels reproduisent ces arômes particuliers. Ils sont utilisés dans l'élaboration de plats préparés, saucissons, biscuits salés... Sur l'emballage, ils sont simplement labellisés par le mot «arômes», alors qu'ils ne sont pas naturels.

Enfin, les arômes de fumée sont obtenus soit par contact entre la fumée dégagée par la combustion d'un bois avec un aliment - par exemple lors du fumage d'un saumon - soit par récupération des arômes de fumée sous forme de condensats.





Jean-Claude Ellena est le parfumeur exclusif, le « nez » de la maison Hermès.

(1) Sensation mécanique de contraction des muqueuses avec pour conséquence l'assèchement de la bouche.

(2) Qui affectent les organes des sens.

(3) Qui ont de la saveur.

Toutes les références peuvent être obtenues auprès de virginie.chantry@gmail.com ou sur la version tablette.

PARFUMEUR, AROMATICIEN: QUELLE DIFFÉRENCE ?

Le parfumeur et l'aromaticien, s'ils sont frères, n'exercent pas la même profession pour autant. Le métier du parfumeur ou « nez » consiste à mélanger différentes senteurs afin d'obtenir un produit fini, qui plaira ou non au consommateur, mais qui sera bien souvent utilisé tel quel. Seul l'odorat par voie directe est en jeu pour ces produits à usage externe.

Pour un aromaticien, la situation est différente. Il crée certes des arômes naturels, synthétiques ou mixtes, mais ces arômes ne sont pas utilisés tels quels: ils sont incorporés dans

une préparation à finalité alimentaire. Avant d'être consommés, ils peuvent être associés, mélangés ou cuits. Ils sont choisis par les consommateurs pour leurs qualités organoleptiques. Cela signifie que les arômes se doivent de résister à divers traitements culinaires et d'être adaptés en terme de puissance. L'aromaticien doit donc parfois diluer sa préparation et la fixer ensuite sur un support tel qu'un solvant alimentaire comme de l'huile végétale, ou un

solide comme le sucre ou l'amidon, que le consommateur pourra alors utiliser dans une préparation.

Mais que vous soyez « nez » ou « rétro-nez », c'est à Grasse, dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, que vous devriez vous rendre. Capitale mondiale des parfums et également spécialisée dans les arômes, cette ville avec ses artisans et ses fleurs, ne vous décevra pas. ■

Techno-Zoom

Blink Milan 2013 est un miroir... Mais pas n'importe lequel. Ce n'est pas un miroir magique qui peut vous révéler qui est la plus belle du Royaume... quoique ! Au simple contact de votre doigt avec un « interrupteur » appelé le « sensor touch », la surface réfléchissante du miroir devient transparente et une horloge apparaît. Cela n'a rien de magique, même si c'est très astucieux. Les designers qui signent Blink Milan se nomment TwoDesigners et ont été accompagnés dans leur création par une société liégeoise basée à Ans, BrinDen System, spécialisée dans les miroirs intelligents. Ces miroirs révèlent ce qu'ils cachent grâce à un éclairage LED approprié qui lorsqu'il est activé, rend le miroir transparent. L'inventeur, René Denooz, a d'abord imaginé ce concept pour les portes de réfrigérateur afin d'économiser de l'énergie. Finies les ouvertures intempêtes et inutiles du frigo menant à des pertes calorifiques non négligeables ! Par simple contact de la main, la porte devient transparente et il est possible de vérifier le contenu du frigo afin de décider si on l'ouvre ou pas !

http://www.twodesigners.be/projet-blink_milan_2013-935.html



L'ADN de...

Benoît BEHETS WYDEMANS Contrôleur aérien

◀◀ RECTO

Propos recueillis par **Géraldine TRAN** • geraldine.tran@spw.wallonie.be

Photos: © **Mateusz G./Jetphotos.net** - Tour de contrôle (p.17), **G. TRAN** (p.17)

Contrôleur aérien, c'est une vocation que vous avez depuis tout petit ? Comment l'idée d'exercer ce métier vous est-elle venue ? Je suis passionné depuis l'enfance par tout ce qui tourne autour de l'aviation. Et puis vers 10-11 ans, j'ai reçu pour Noël le jeu vidéo FlightSim 98. C'est là que j'ai découvert le métier de contrôleur aérien. Une dizaine d'années plus tard, j'ai eu l'occasion de faire un vol d'initiation dans une école de pilotage. Quand j'ai entendu les communications entre les pilotes et les contrôleurs, ça a été le déclic et j'ai su qu'un jour, je ferais ce métier.

Comment devient-on contrôleur aérien ? Il n'y a pas d'école ni de formation en Belgique en dehors des concours organisés par Belgocontrol, qui ne sont lancés qu'en fonction des besoins. Il n'y en avait pas au moment où je suis sorti de rhéto. Comme j'ai le contact facile, j'ai alors choisi le marketing à l'EPHEC, sans conviction. Puis j'ai décidé d'arrêter et de faire ce qui me plaisait: pilote de ligne. Au bout des 3 ans de formation, c'était la crise économique et il n'y avait pas de boulot dans le secteur. J'ai donc postulé à l'aéroport de Charleroi en tant que flight dispatcher avant qu'un appel à candidatures ne soit lancé chez Belgocontrol. Le diplôme d'enseignement secondaire suffit mais il faut savoir que tout se fait en anglais. La procédure de recrutement (6 mois) n'est pas évidente. Si l'on réussit, on intègre le centre de formation pour 2 ans (rémunérés) avant de faire un stage de 6 mois et d'être affecté à un poste.

Vous êtes actuellement contrôleur principal à l'aéroport de Gosselies, quelle est votre journée-type ?

Lorsque l'on commence son service, on prend connaissance de la situation globale du jour (NOTAM - Notice to airman, NTC - Note to controller) avant de remplacer son collègue qui nous fait le point au niveau du trafic. À la position «air», on gère tous les avions dans l'espace aérien belge délégué à Charleroi, ce qui inclut aussi bien l'aviation commerciale que privée. Après un laps de temps défini (en général 1h), on est à son tour remplacé pour faire un break ou pour prendre le poste «sol» (ground) où l'on gère les mouvements au sol des avions mais aussi de tous les autres véhicules (pompiers, inspections...). L'horaire théorique est de 35h/semaine (5x7h) 365J/an, 7J/7, 24h/24 mais sur le terrain, on peut prêter plus ou moins et récupérer ensuite.

Quels sont vos rapports avec la science ? Quels sont vos premiers souvenirs «scientifiques» ? On ne peut pas travailler sans les apports de la science et des technologies (radio, radar, matériel informatique...). Sans compter le rôle primordial que joue la météorologie (vitesse et direction du vent, visibilité, nuages, température...).

Quelle est la plus grande difficulté rencontrée dans l'exercice de votre métier ? C'est sans doute de devoir exécuter plusieurs tâches en même temps: parler aux avions à la radio, téléphoner au secteur suivant pour coordonner le passage de l'avion, entrer les données dans le

système informatique, partager les infos avec les collègues aux autres postes, observer le ciel et les pistes...

Quelle est votre plus grande réussite professionnelle jusqu'à ce jour ? Sans hésiter, c'est d'avoir réussi le concours de recrutement puis la formation chez Belgocontrol. Nous étions 1 200 candidats au départ. Sur ces 1 200, seuls 12 meilleurs ont intégré le training center. Au final, nous ne sommes que 7 à avoir été nommés ATCO (Air Traffic Control Officer). Il faut savoir que la formation est très intensive, nous subissons beaucoup de pression, proportionnelle à celle qu'un contrôleur aérien peut connaître dans son métier.

Quels conseils donneriez-vous à un jeune qui aurait envie de suivre vos traces ? D'un point de vue pratique, si l'on n'est pas bilingue au départ, mieux vaut travailler son anglais car toute la formation se donne dans cette langue. Le vocabulaire spécifique utilisé pour la fonction aussi. Je pense qu'il faut avant tout être passionné et persévérant car le chemin pour devenir contrôleur aérien est très long et éprouvant. Il pourrait être facile de baisser les bras. Mais au bout, c'est un métier superbe. Il n'y a pas un jour identique, tout est fonction des conditions météo, du trafic et de la position qu'on occupe. Il n'y a pas de temps mort non plus en dehors des pauses nécessaires pour la concentration que l'on doit avoir. Dans le jargon, on dit même que le contrôleur aérien équivaut au chien d'aveugle pour les avions... ■



ÂGE: 29 ans
ENFANTS: Pas encore

PROFESSION: Contrôleur principal de la circulation aérienne pour Belgocontrol à Gosselies.

FORMATION: Secondaires générales en internat au Séminaire de Floreffe. EPHEC à Bruxelles en marketing/management (2 ans). École de pilotage NewCAG (3 ans). Formation de contrôleur aérien (2 ans) dispensée par Belgocontrol à Steenokkerzeel.

ADRESSE: Ancien terminal de l'Aéroport de Charleroi
 Rue des Fusillés, 1 à 6041 Gosselies.

Tél.: 071 251 223
Mail: benoit_behets_wydemans@belgocontrol.be



VERSO >>>

Je vous offre une seconde vie, quel métier choisiriez-vous ? Policier (judiciaire), enquêteur ou peut-être même négociateur car je suis très observateur, j'ai le sens du détail. Ce qui est par ailleurs très important dans mon métier actuel.

Je vous offre un super pouvoir, ce serait lequel et qu'en feriez-vous ? Ce serait de pouvoir jeter un œil, ne serait-ce que quelques secondes, dans le futur. Cinq petites secondes juste pour voir ce qu'il se passe.

Je vous offre un auditoire, quel cours donneriez-vous ? Ma passion, ce sont les avions, donc je donnerais un cours d'initiation à l'aviation générale dans le cadre de la licence théorique de pilote de ligne.

Je vous offre un laboratoire, vous plancheriez sur quoi en priorité ? C'est peut-être banal mais je plancherais sur un remède contre le cancer, qui est vraiment pour moi la maladie du siècle.

Je vous transforme en un objet du 21^e siècle, ce serait lequel et pourquoi ? Cela va de pair avec les avions, j'adore voyager et découvrir d'autres cultures. Je plancherais donc sur l'élaboration d'un Concorde des temps modernes, pour pouvoir se déplacer aux 4 coins de globe en quelques secondes.

Je vous offre un billet d'avion, vous iriez où et qu'y feriez-vous ? J'irais aux États-Unis parce que c'est le berceau de l'aviation. Et pourquoi pas même tra-

vailer pour un gros aéroport américain comme celui de JFK à New York ? Tous les rêves sont permis non ?!

Je vous offre un face à face avec une grande personnalité du monde, qui rencontreriez-vous et pourquoi ? En parlant de rêve, j'adorerais rencontrer Barack Obama, l'un des hommes les plus puissants du monde. Cela doit être passionnant de discuter avec un homme tel que lui.

La question qui fâche: si je vous dis qu'être contrôleur aérien, c'est simplement du dispatching, vous me répondez ? J'étais dispatcher pour l'aéroport de Charleroi avant de devenir contrôleur aérien chez Belgocontrol et ce sont 2 métiers vraiment différents. Le dispatcher s'occupe de la rotation de l'avion lorsqu'il est au sol et du bon fonctionnement des différents services. C'est évidemment utile mais le contrôleur aérien a beaucoup d'autres paramètres à gérer. Depuis la tour de contrôle, il guide les pilotes du décollage à l'atterrissage et fait en sorte qu'un maximum d'avions circulent le plus en sécurité possible. ■

+ Plus d'infos

Belgocontrol est actuellement à la recherche de nouveaux contrôleurs aériens:

<http://www.belgocontrol.be>

LE DOSSIER

La Roue et la pompe:

Texte : Jean-Luc LÉONARD • jlleonard@voo.be

Photos: F. BISSON/Flickr (p.18), Chrkl/Wiki - schéma scierie (p.20),
Siemens AG Pressebilder/Presspictures - turbine de centrale électrique (p.20),
Kaboldy/Wiki - moulin perse (p.20), Silberwolf/Wiki - vis d'Archimède (p.21),
© H. Brejat/Musée-Promenade (p.22)

Deux inventions aux sources de l'énergie

L'énergie est au cœur de notre civilisation. Amorcée avec la maîtrise du feu par l'*Homo erectus* il y a au moins 400 000 ans, la production et l'exploitation de l'énergie sont aujourd'hui d'une complexité incroyable. Et pourtant, cet immense domaine du génie humain s'est presque totalement articulé autour de 2 inventions majeures: la roue et la pompe...

La roue serait apparue en Mésopotamie environ 35 siècles avant notre ère. Les archéologues supposent que son concept est issu de l'ancienne technique de transport de grosses pierres, par roulement sur des troncs d'arbres. C'était une des premières manières imaginées par nos lointains ancêtres pour économiser leur énergie physique. En pierre ou en bois, ces roues étaient pleines. Il a fallu une quinzaine de siècles pour que soient imaginées les roues à rayons. Et encore à peu près autant - vers le milieu du 18^e siècle - pour que s'impose l'innovation décisive du roulement à billes, en attendant le pneu, inventé au 19^e.

Mais entre-temps, la roue a envahi bien d'autres domaines que le transport. À peine inventée, elle devient le moteur du tour du potier qui, actionné par les pieds de l'artisan, révolutionne la fabrication de la poterie. Cette nouveauté décisive apparaît donc vers 3 500 ans avant JC au Proche-Orient. C'est de l'Asie lointaine, en revanche, vers notre 13^e siècle, que viendra une autre percée technologique dans le domaine des fibres textiles: le rouet. Ces inventions servent essentiellement à faciliter et à rendre plus efficace le travail humain. Une autre application de la roue, connue également dès l'Antiquité, confère à

ce travail une dimension surhumaine: la roue à aubes.

LA FORCE DE L'EAU

Il est vrai que les humains avaient de longue date compensé leur faiblesse relative en exploitant la force animale, utilisée depuis l'invention de l'agriculture au Néolithique. Ainsi le cheval, réputé la plus noble conquête de l'homme, aurait été domestiqué en Asie mineure, il y a au moins 5 500 ans (soit 2 millénaires avant l'invention de la roue). Les grandes puissances de l'Antiquité avaient aussi recours au travail des esclaves, main d'œuvre «bon marché» dont l'apport était nourri par les succès militaires. Bien que banni par la civilisation, l'esclavage reste malheureusement très présent dans notre monde contemporain (1).

La source d'énergie mécanique la plus ancienne est la force hydraulique. On sait qu'elle est déjà utilisée dans l'Antiquité pour moudre le grain, comme en témoigne le Traité d'architecture de Vitruve, écrit un quart de siècle avant notre ère sous le règne d'Auguste, premier empereur de Rome. Le principe en est assez simple: mue par un courant d'eau qui la fait tourner le plus souvent dans un sens vertical, la roue à aubes

anime un arbre (à l'origine, c'était un tronc d'arbre, au sens propre du terme) qui, par l'intermédiaire d'un engrenage, fait tourner la pierre du moulin dans le sens horizontal. Même s'ils n'en étaient pas nécessairement les inventeurs, ce sont les Romains qui en ont laissé les vestiges les plus imposants. Ainsi, à Bargal (actuelle commune de Fontvieille, en France), fonctionnait dès le début du 2^e siècle après JC, une meunerie de taille véritablement industrielle. Dotée de 2 séries de 8 moulins à eau, mus par les biefs d'une dérivation de l'aqueduc qui alimentait en eau la proche ville d'Arles, elle pouvait produire près de 5 tonnes de farine par jour, ce qui devait amplement suffire aux besoins des quelque 12 500 Arlésiens. Un système de vannes permettait d'interrompre le flux de la dérivation.

Une machine moins imposante, mais plus sophistiquée est représentée sur un bas-relief du 3^e siècle après JC. C'est la plus ancienne machine à eau (voir encadré 1 p. 20) qui soit connue pour utiliser non seulement la roue à aubes et l'engrenage (qui n'est rien d'autre qu'un système de roues dentées) mais aussi des bielles et des manivelles, qui permettent de transformer le mouvement rotatif en mouvement alternatif. Cette machine a existé à Hiéropolis, dans l'actuelle Turquie. Elle actionnait 2 scies à pierre et n'était probablement ni la première, ni la seule exploitée par les Romains.

LA TECHNIQUE A NOURRI

LA SCIENCE

La roue à aubes est progressivement améliorée tout au long du Moyen Âge.

1

La scierie de Hiérapolis

Ce schéma de la scierie hydraulique de Hiérapolis témoigne déjà d'une belle ingéniosité. Des vestiges d'autres scieries ont été découverts à Éphèse, autre ville de Turquie, ainsi qu'à Gerasa, en Jordanie, et sur le plus grand site archéologique de Suisse, Augusta Raurica, proche de Bâle.

Cette dernière scierie était contemporaine des moulins de Fontvieille et donc antérieure à celle d'Hiérapolis.

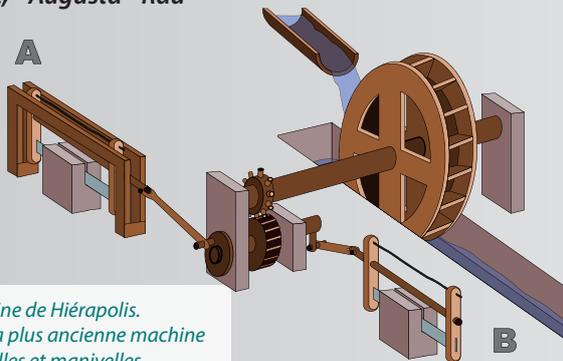


Schéma de la scierie à pierre romaine de Hiérapolis. Datant du 3^e siècle après JC, c'est la plus ancienne machine connue utilisant un système de bielles et manivelles.



Cette période de l'Histoire est souvent jugée terne, morose et d'intérêt médiocre. Elle a en réalité semé les graines des sciences et des techniques qui devaient triompher quelques siècles plus tard. Et il faut souligner, avec l'historien liégeois des sciences Robert Halleux, que la technique a précédé la science. Aujourd'hui, la tendance est de d'abord se tourner vers la science fondamentale avant d'en imaginer des applications. Hier, ce sont les créations techniques, nées empiriquement du hasard et de la nécessité, qui ont nourri les constructions théoriques.

L'on peut alors plus aisément concevoir que la roue à aubes a probablement inspiré le moulin à vent. Celui-ci, très postérieur à cette dernière, est apparu vers le 6^e siècle en Afghanistan, sous la forme d'une éolienne à axe vertical mue par les courants d'air passant à travers des orifices ménagés sur les parois du moulin (voir illustration ci-dessous). Cette invention asiatique n'avait donc, hormis

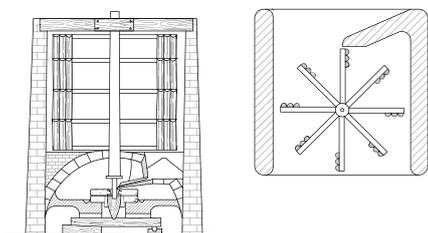
sa fonction de moudre le grain, aucune ressemblance avec les moulins à ailes européens, qui ont fleuri dès le 13^e siècle avant de disparaître presque complètement pour refaire une apparition massive avec les très hautes éoliennes électriques de la fin du 20^e siècle.

Et pourtant, tous ces moulins tournent selon le même principe physique: une roue animée par un fluide qui peut être l'eau ou l'air. La roue à ailes du moulin à vent est considérée comme l'ancêtre de l'hélice, laquelle est aussi dérivée de la roue à aubes, comme en témoigne une autre vieille machine très simple et un peu étrange: la vis d'Archimède (voir encadré 2 p. 21).

Un autre exemple typique de cette longue chaîne du progrès énergétique est donné par les anciennes forges hydrauliques du haut Moyen Âge. Ici, la roue à aubes entraîne un arbre à cames qui, à chaque tour ou demi-tour, soulève un marteau géant, lequel s'abat ensuite sur la pièce de fer rouge présentée sur l'enclume par le forgeron. Il s'agit donc, mécaniquement parlant,

de la transformation d'un mouvement rotatif (celui de la roue plongée dans le cours d'eau) en mouvement alternatif (les coups du marteau sur l'enclume). La scierie à pierre d'Hiérapolis, antérieure à ces forges hydrauliques, avait réalisé la même performance de manière plus sophistiquée en utilisant les bielles (bras à 2 rotules) et les manivelles (voir encadré 1 ci-dessus).

On notera en passant que l'automobile contemporaine applique la même transformation à l'envers. Ce qui fait tourner les roues motrices d'une voiture, c'est le mouvement alternatif des pistons dans les cylindres du moteur à explosion. Cette énergie alternative devient rotative par l'action du vilebrequin, avec l'aimable complicité d'une pièce auxiliaire qui porte toujours le nom d'arbre à cames. Mais n'anticipons pas: qui dit voiture dit moteur et qui dit moteur dit pompe. Avant d'aborder l'invention de la pompe et sa descendance, restons encore un peu dans le domaine de la roue.



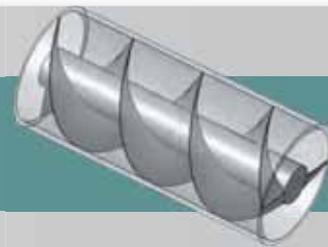
Un moulin à vent vertical de type perse. Comme le montre le petit schéma ci-contre, il tourne grâce à la différence de poussée exercée sur la pale exposée au vent (à gauche) par rapport à la pale protégée par un mur (à droite).

DE LA ROUE À LA TURBINE

Les roues à aubes du Moyen Âge ont permis de développer des puissances considérables, jusqu'à 50 chevaux pour

2

La vis d'Archimède



D'un point de vue fonctionnel, la vis d'Archimède (voir illustration ci-dessus) est une pompe qui sert encore à faire monter des liquides dans les stations d'épuration ou des céréales dans les silos à grains. Elle appartient à la famille des hélices, elles-mêmes filles de la roue à aubes. Léonard de Vinci s'en est inspiré pour sa vis aérienne et son concept de machine volante (voir image ci-contre). Son raisonnement scientifique était que «si cette vis peut forcer l'eau à se déplacer au contraire de son sens naturel, c'est-à-dire du bas vers le haut, il est probable qu'une vis adaptée puisse se déplacer de la même manière dans cet autre fluide qu'est l'air qui nous environne», (car) «la force avec laquelle une chose va contre l'air est égale à celle de l'air contre la chose.»

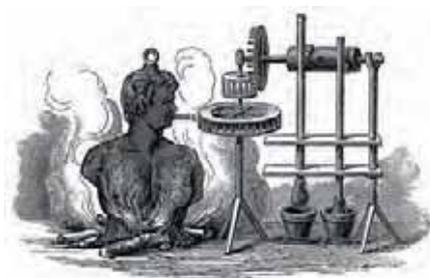


les plus grandes. Le cheval, unité traditionnelle de travail, valait 735 Watts dans les pays du système métrique (745 W en Angleterre). Les exploitants de roue à aubes ont essayé toutes les solutions: au fil de l'eau ou sous courant accéléré, l'eau passant sous la roue ou au-dessus, les aubes remplacées par des aubes ou des godets... Dans les régions montagneuses, un supplément appréciable d'énergie est obtenu en plaçant la roue en-dessous d'une chute d'eau. Cette expérience empirique, éclairée par la première théorie de l'hydrodynamique établie par le mathématicien et physicien suisse Daniel Bernoulli, amènera au début du 18^e siècle, le perfectionnement majeur de la roue à aubes. C'est la naissance de la turbine.

Son concept, aussi bien que son appellation, ont été formulés par un ingénieur militaire français, Claude Burdin. Et la première turbine hydraulique a été construite par un de ses élèves de l'École des mines de Saint-Étienne, Benoît Fourneyron. Ce dernier a développé, à l'intention des sidérurgistes, une turbine tournant à 2 300 tours/minutes sous une chute d'eau de 115 m et fournissant une puissance de 44 kW (ce qui correspond à près de 60 chevaux). Ce n'est guère plus que les plus puissantes roues à aubes moyenâgeuses, mais il faut savoir que la turbine de Fourneyron n'avait que 30 cm de diamètre !

Avec cette roue à aubes muée en turbine, l'énergie se transmet toujours par l'intermédiaire d'un arbre et procède toujours de la pression exercée par l'eau sur des aubes. À cette différence près que le courant d'eau passe maintenant à l'intérieur de la roue, dont les aubes sont disposées de façon radiale. Le vocabulaire change. La roue devient rotor ou hélice et les aubes s'appellent désormais ailettes, lames ou pales. Mais un problème fondamental subsiste: l'eau et le vent qui font tourner les machines ne sont pas disponibles n'importe où, n'importe quand.

Ce fluide disponible à la demande, ce sera la vapeur d'eau. Au premier siècle de l'ère chrétienne, l'ingénieur mécanicien et mathématicien grec Héron d'Alexandrie, avait décrit dans son *Traité des Pneumatiques* des machines utilisant la force de l'air comprimé et de la vapeur d'eau. Il faut attendre le 17^e siècle, plus précisément 1629, pour qu'un ingénieur italien, Giovanni Branca, fasse tourner un moulin grâce à l'action de la vapeur sur une turbine rudimentaire (voir illustration ci-dessous). Bien plus tard, au



20^e siècle, une turbine mue par l'action de la vapeur fera tourner une autre turbine (l'alternateur) qui produira de l'électricité.

UNE POMPE À L'ENVERS

Mais ce n'est pas en faisant tourner des turbines que dans un premier temps, la vapeur se révélera comme le vecteur d'énergie numéro un de la civilisation industrielle. Inspirée des pompes à eau connues dès l'Antiquité, une pompe à vapeur est conçue en 1687 par le Français Denis Papin. Mais il faut attendre encore un quart de siècle pour qu'en 1712, le mécanicien anglais Thomas Newcomen construise le premier véritable moteur à vapeur. Il s'agit d'une très grosse pompe verticale où l'on introduit, par le bas, de la vapeur sous pression qui pousse le piston vers le haut. Puis un jet d'eau froide condense la vapeur et crée dans le cylindre un vide qui aspire avec une très grande puissance le piston vers le bas.

Le rythme est de 12 mouvements par minute: assez pour assurer l'exhaure, autrement dit le pompage de l'eau des puits de charbonnages. Car cette pompe à vapeur sert à actionner une pompe à eau d'une puissance très supérieure à ce qui aurait pu être obtenu par la force

humaine ou animale. Il s'agit donc d'une pompe à l'envers (mue par l'action de la vapeur sur le piston) qui actionne une pompe à eau classique (dont le piston aspire l'eau du puits).

Bien que très rustique par comparaison aux performances actuelles des moteurs, la pompe Newcomen est du genre robuste. Celle qui a été installée en 1779 au charbonnage du Mambourg à Charleroi, a fonctionné pendant 129 ans. Entre-temps, dès la seconde moitié du 18^e siècle, le système est perfectionné par l'ingénieur écossais James Watt qui y apporte plusieurs innovations décisives: création d'une chambre de condensation séparée, isolation et lubrification du cylindre, action de la vapeur sur les 2 faces du piston, régulation automatique du moteur, conversion du mouvement alternatif en mouvement rotatif par un engrenage nouveau...

Ainsi améliorée, la machine à vapeur est désormais en mesure de conquérir l'industrie et les transports. Aujourd'hui démodée, elle a suscité une abondante descendance. Des innombrables innovations ultérieures naîtront le moteur à explosion (Étienne Lenoir, 1859) à 2 puis à 4 temps (Nikolaus Otto, 1876) et le moteur diesel (Rudolf Diesel, 1892) qui n'ont cessé d'être perfectionnés depuis lors et le sont encore aujourd'hui. Alimentés en essence, en gasoil ou en gaz, tous ces moteurs sont donc des descendants de la pompe à eau.

Par contre, la turbine à gaz, contemporaine de la machine de Watt et inventée par John Barber (1791), ainsi que les moteurs à réaction (Frank Whittle, 1937), turbo réacteurs et autres turbo-propulseurs relèvent de la lignée de la roue à aubes. Comme ceux de la «filière pompe», ces moteurs sont aussi, schématiquement, des turbines qui fonctionnent à l'envers. Au lieu d'être mues par un courant d'eau ou de vapeur (comme le groupe turbo-alternateur d'une centrale électrique), ce sont elles qui font tourner l'hélice du turbo-propulseur ou qui assurent la poussée du turbo-réacteur ou du moteur-fusée.

Mais tout se tient dans la chaîne du progrès technico-scientifique. Les unités de nos centrales de Doel et de Tihange ne sont jamais que des roues à aubes électromagnétiques très évoluées, animées

De la pompe à eau à la pompe à vide

La première pompe connue date du 3^e siècle avant JC et a été conçue par le génial mécanicien et multi-inventeur grec Ctésibios d'Alexandrie. Pour ses contemporains de la Grèce antique, la pompe était plus une curiosité qu'un objet utile. Les Romains, par contre, l'ont utilisée pour pomper l'eau qui envahissait leurs mines et le musée gallo-romain de Lyon abrite une pompe à refoulement qui, immergée à 6 m de profondeur dans un puits, permettait d'en extraire 60 l par minute. Un des systèmes de pompage les plus célèbres est la très complexe machine de Marly (voir illustration ci-dessous), construite sous Louis XIV par le Liégeois Rennequin Sualem pour alimenter le château de Marly et les jardins de Versailles; achevée en 1682, elle a tourné pendant 133 ans. Quelques années auparavant, en 1650, l'inventeur allemand Otto von Guericke mettait au point la première pompe à air qui devait lui permettre de démontrer la force du vide - et a contrario celle de la pression atmosphérique - lors de la célèbre expérience des hémisphères de Magdebourg. Sa pompe à air a été perfectionnée 4 ans plus tard par l'Irlandais Robert Boyle, un des pionniers de la science expérimentale.



Estampe de la machine de Marly.

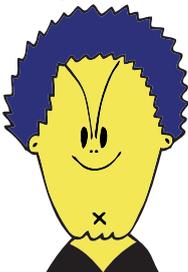
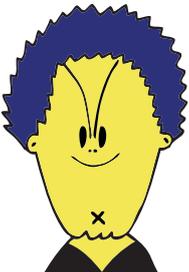
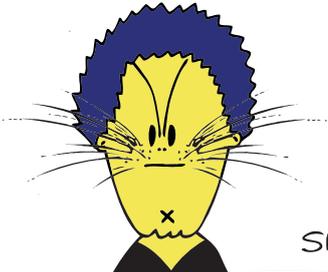
par des turbines à vapeur qui tournent à haute vitesse grâce à une eau chauffée par le feu nucléaire et dont la chaleur résiduelle est évacuée par pompage de l'eau du fleuve voisin. Car la roue et la pompe sont souvent moins rivales que complémentaires. Ultime précision: en début d'article, nous disions que les technologies de l'énergie s'étaient développées «presque totalement» autour de la roue et de la pompe. Une technologie fait toutefois exception: la cellule photovoltaïque, qui transforme directement la lumière en électricité. Appa-

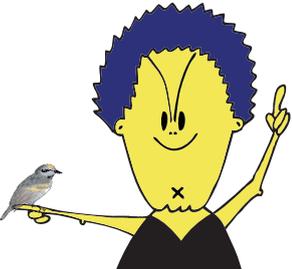
remment, l'exception qui confirme la règle... ■

(1) Il y aurait aujourd'hui entre 21 et 30 millions d'esclaves dans le monde, soit le plus grand nombre jamais observé de toute l'histoire humaine, selon l'ONG internationale «Free the Slaves».

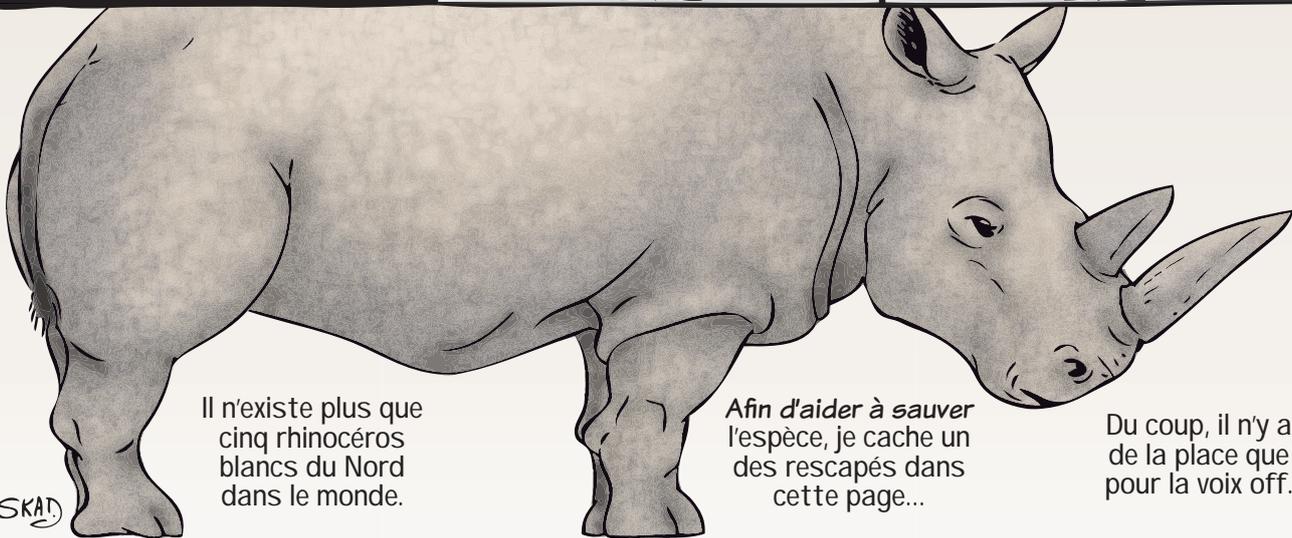
LES AVENTURES DE BARJE

© SKAD 2014 - www.barje.be

<p>La résine végétale produite par les abeilles favoriserait la repousse du pelage de souris...</p> 	<p>Cela pourrait peut-être aussi fonctionner pour les cheveux des êtres humains.</p> 	<p>Franchement, depuis le temps que j'en mange, j'ai des doutes.</p> 
---	--	--

<p>Les parulines à ailes dorées peuvent détecter les tornades et se mettre à l'abri.</p> 	<p>Ces oiseaux percevraient des infrasons qui les avertiraient du danger...</p> 	<p>Mais...</p> 	<p>Bonjour, bonjour!</p> 
---	--	--	---

<p>Des enfants exposés in utero à des niveaux élevés de phtalates présentent en moyenne un QI inférieur de 6 points à celui d'enfants moins exposés.</p> 	<p>Le problème, c'est que la pollution met en danger notre cerveau...</p> 	<p>et que bientôt, celui-ci ne sera plus capable de mettre en danger la pollution.</p> 
--	---	--



<p>Il n'existe plus que cinq rhinocéros blancs du Nord dans le monde.</p>	<p>Afin d'aider à sauver l'espèce, je cache un des rescapés dans cette page...</p>	<p>Du coup, il n'y a de la place que pour la voix off.</p>
---	--	--

Couper l'herbe

sous le pied des métastases

La présence de métastases représente la principale cause de décès par cancer. Dans un article publié en juillet dernier dans Cell Reports (1), des chercheurs de l'Université catholique de Louvain expliquent comment ils ont réussi à prévenir l'apparition de tels foyers tumoraux secondaires chez la souris. Une première mondiale qui, si elle devait s'avérer applicable en médecine humaine, constituerait un progrès majeur en oncologie

Texte: **Philippe LAMBERT** • ph.lambert.ph@skynet.be
www.philippe-lambert-journaliste.be

Photos: **MitoQ** (p.27)

Chaque année, un diagnostic de cancer est prononcé chez plus de 65 000 personnes en Belgique. Parmi elles, 27 000 décéderont de leur maladie, dont quelque 24 000 du fait de la présence de métastases. Autrement dit, pour chaque patient, le pronostic est largement conditionné par les propriétés invasives et métastatiques de sa tumeur. Si des cellules tumorales quittent la lésion primaire et, emportées par la circulation sanguine ou lymphatique, parviennent à aller former des colonies à distance - phénomène baptisé «cascade métastatique» -, la médecine n'aura généralement d'autre issue que de s'en remettre à la chimiothérapie, dont on connaît les limites et la toxicité.

Aussi, un des défis majeurs de l'oncologie consiste-t-il à identifier les mécanismes conférant à certaines cellules cancéreuses la capacité de quitter la tumeur d'origine et de s'implanter dans d'autres tissus et organes. Pour y parvenir, les cellules colonisatrices sont appelées à franchir plusieurs obstacles au cours de leur cheminement: en effet, elles doivent

quitter la tumeur primitive, traverser la paroi des vaisseaux afin d'être véhiculées par la circulation sanguine ou lymphatique tout en subissant les attaques du système immunitaire, la retraverser pour migrer vers leur lieu de destination et enfin, pénétrer dans l'organe où elles vont s'installer. Un véritable parcours du combattant au terme duquel une infime minorité des «migrantes» arrivera à bon port.

IDENTIFIER

UN TERRORISTE

Mais revenons au point de départ de l'évolution tumorale. Au fil du temps, l'entrée d'une tumeur en phase de croissance exponentielle nécessite 3 adaptations majeures successives des cellules cancéreuses. La première correspond à un «switch métabolique», le switch glycolytique. «Durant cette phase, les cellules tumorales appartenant à des zones très peu oxygénées adaptent leur façon de produire de l'énergie pour survivre»,

résume Pierre Sonveaux, professeur de pharmacologie à l'Université catholique de Louvain (UCL) et chercheur qualifié du FNRS. Survient ensuite le switch angiogénique, où les cellules malignes envoient des signaux moléculaires, tel le *Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)*, pour favoriser la formation de nouveaux vaisseaux qui leur apporteront oxygène et nutriments. Enfin, troisième phase: le switch métastatique. «Pour réussir à franchir toutes les étapes de la cascade métastatique, les cellules tumorales doivent posséder un ensemble de caractéristiques indispensables: être capables de bouger, d'envahir, de survivre dans le sang, avoir le caractère de cellules souches, etc.», précise Pierre Sonveaux.

Au sein de l'Institut de recherche expérimentale et clinique (IREC) de l'UCL, son laboratoire a élaboré l'hypothèse suivante: le développement de métastases constitue un événement tardif qui doit être influencé par la phase la plus précoce de l'évolution tumorale, le switch glycolytique. L'idée des chercheurs était donc d'agir le plus en amont possible afin d'enrayer la formation des métas-



situation, faisant en sorte que le nombre de cellules dangereuses augmente davantage que celui des cellules plus anodines.»

Comment ? En se fondant sur les théories darwiniennes, lesquelles servent de support à la sélection de cellules capables d'envahir les tissus de façon très efficace. *In vitro*, les chercheurs obtinrent de telles cellules superinvasives en partant de cellules tumorales humaines du col de l'utérus *a priori* peu envahissantes et en les «invitant» à migrer, à travers un filtre, d'un puits supérieur vers un puits inférieur qui contenait un facteur chimioattractant, en l'occurrence du sérum foetal bovin. Les cellules qui atteignirent le puits inférieur furent alors récoltées, avant d'être placées dans le puits supérieur d'un deuxième système, avec «mission» de descendre à nouveau dans un puits inférieur. Et ainsi de suite. Au terme du processus, Pierre Sonveaux et son équipe (en particulier le docteur Paolo E. Porporato, postdoctorant et chargé de recherche du FNRS) avaient à leur disposition des cellules superinvasives.

MITOCHONDRIES DYSFONCTIONNELLES

tases, sachant que plus on intervient en aval et plus les cellules cancéreuses disposent de voies alternatives pour se jouer des pièges qui leur sont tendus.

Pierre Sonveaux rapporte que des expériences chez la souris ont montré que les cellules tumorales ayant contribué à la formation de métastases sont plus avides de glucose que les autres. Il en a déduit que certaines caractéristiques métaboliques devaient être associées à la capacité de faire des métastases.

On estime que pour chaque gramme de tumeur chez un patient, environ 1 million de cellules tumorales arrivent quotidiennement dans le sang. Très peu d'entre elles, nous l'avons mentionné, sont à même de générer une métastase: celles qui, dotées de toutes les caractéristiques voulues, méritent le label de cellules progénitrices métastatiques. «Le premier problème auquel nous nous sommes heurtés était de réussir à identifier un "terroriste" au sein d'une foule d'1 million d'individus, dit de façon imagée le chercheur de l'UCL. Pour contourner l'écueil, nous avons décidé d'aggraver la

Les chercheurs ont procédé de manière analogue *in vivo*, en utilisant les cellules d'un mélanome de souris très peu métastatique nommé B16-F10. De telles cellules apparaissent noires car elles renferment de la mélanine, de sorte qu'il est aisé de visualiser d'éventuelles métastases qui en seraient issues. «Dans la pratique, nous avons injecté des cellules de mélanome dans la peau d'une souris, relate Pierre Sonveaux. S'est développée une tumeur cutanée qui a donné quelques rares métastases pulmonaires dont nous avons mis les cellules en culture pour en accroître la population. Ensuite, nous avons injecté les cellules issues de nos cultures dans la peau d'une deuxième souris, sous forme de tumeur primaire, suite à quoi nous avons observé davantage de métastases pulmonaires. Nous avons répété l'opération sur d'autres souris, en aval. Finalement, nous avons pu recueillir des cellules supermétastatiques. (2)»

L'équipe de Pierre Sonveaux s'est alors efforcée de déterminer quel était le plus

petit commun dénominateur métabolique entre les cellules des deux modèles qu'elle avait développés, *in vitro* et *in vivo*. En s'appuyant sur des outils métaboliques mis au point au laboratoire depuis 2008, les chercheurs comparèrent, au sein du premier modèle, cellules superinvasives et cellules peu invasives et, au sein du second, cellules supermétastatiques et cellules peu métastatiques. Toutes les fonctions métaboliques furent passées au crible: glycolyse; consommation de glucose; production d'ATP, de lactate et de métabolites intermédiaires; consommation d'oxygène; fonction mitochondriale... Se dégagèrent le constat suivant: le plus petit commun dénominateur recherché était une surcharge du cycle de Krebs, voie métabolique qui se passe à l'intérieur des mitochondries (les «centrales énergétiques» des cellules) et permet d'extraire un maximum d'énergie sous la forme d'adénosine triphosphate (ATP) à partir du pyruvate, dérivé du glucose.

«Dans les 2 modèles, les mitochondries étaient dysfonctionnelles: leur structure était aberrante et elles présentaient une activité accrue totalement inattendue», explique Pierre Sonveaux. Cela se traduisait par un défaut au niveau de la chaîne respiratoire, ensemble complexe de protéines membranaires de la mitochondrie, également appelée «chaîne de transport d'électrons». En caricaturant, on peut considérer que le cycle de Krebs fabrique des «donneurs d'électrons» qu'il livre à la chaîne respiratoire. Est alors généré un flux d'électrons qui seront capturés par l'oxygène en fin de processus. Ce flux est nécessaire à la production d'énergie, mais s'il se révèle excédentaire, les électrons en surplus forment des radicaux libres baptisés ions superoxyde. «Cette espèce radicalaire, que l'on trouve en quantité infime dans les cellules normales, apparut en excédent dans les cellules superinvasives et dans les cellules supermétastatiques, mais non dans les cellules tumorales peu invasives ou peu métastatiques», indique Pierre Sonveaux.

INACTIVER LE SUPEROXYDE

Question suivante: la présence de superoxyde en trop grande concentration est-elle suffisante pour que des cellules

Les travaux menés par l'équipe du professeur Sonveaux se sont étalés sur 5 ans. Ils ont été largement financés par une bourse du Conseil européen de la recherche ERC Starting Grants (1,5 million d'euros), mais aussi par le FNRS, le Télévie et la Fondation contre le cancer.

tumorales deviennent métastatiques ? Comment le savoir si ce n'est en créant expérimentalement des fuites d'électrons (et par là même, des ions superoxyde) au niveau de la chaîne respiratoire de la mitochondrie ? C'est ce que firent les chercheurs de l'UCL au moyen de techniques pharmacologiques et génétiques. Ainsi, des cellules de mélanome murin prétraitées avec une substance particulière (la roténone), puis injectées dans la veine de la queue d'une souris se révélèrent capables d'induire un nombre nettement accru de métastases pulmonaires chez l'animal.

Sachant désormais que le superoxyde rend bel et bien les cellules cancéreuses plus métastatiques, le laboratoire de Pierre Sonveaux n'eut de cesse de l'inactiver dans l'espoir d'enrayer la formation de métastases. Or, la production de superoxyde peut être bloquée par une substance spécifique ayant déjà franchi avec succès l'étape des essais cliniques de phase 1 (faible toxicité) dans le cadre du traitement de l'hépatite C et de la maladie de Parkinson, 2 affections où le superoxyde est impliqué. Cette substance capable d'inactiver le superoxyde est le mitoQ. Son analogue, le mitoTEMPO, est commercialisé comme outil expérimental. Ces 2 molécules n'agissent qu'au niveau de la mitochondrie et uniquement lorsqu'il y a une fuite d'électrons.

Menés chez la souris, les travaux entrepris comportèrent 2 étapes. Ils se focalisèrent d'abord sur le modèle expérimental de mélanome murin supermétastatique, qui est déconnecté de la réalité clinique et où, selon l'expression imagée du professeur Sonveaux, le nombre de terroristes (progéniteurs métastatiques) était nettement supérieur à la norme au sein de la foule des cellules tumorales injectées à l'animal. Situation catastrophique, impossible à régler totalement. L'administration de mitoQ ou de MitoTEMPO permit néanmoins de réduire drastiquement la formation de métastases pulmonaires chez les souris traitées par rapport à ce qui fut observé chez les autres, laissées à elles-mêmes. Le traitement expérimental faisait perdre à la plupart des progéniteurs métastatiques toutes les caractéristiques qui leur sont propres et donc la capacité de quitter la tumeur d'origine, de migrer et de s'implanter dans d'autres tissus et organes.

Dans un deuxième temps, centrant leurs efforts sur un modèle aussi proche que possible de la clinique, les chercheurs injectèrent, dans le sein d'une souris, des cellules de cancer mammaire humain spontanément métastatique. Une tumeur primaire du sein s'est alors développée comme chez la patiente dont la lignée cellulaire était issue. Un groupe de rongeurs reçut quotidiennement 0,7 mg/kg de MitoTempo, tandis qu'un autre se vit administrer un placebo. Résultat ? De nombreuses métastases pulmonaires dans le second groupe, aucune dans le premier ! «À côté de la chimiothérapie, non spécifique et à l'efficacité limitée, il n'existe pas actuellement d'outil thérapeutique spécifique permettant de prévenir les métastases, souligne Pierre Sonveaux. Or, nous avons montré que chez l'animal, en tout cas, les inactivateurs de superoxyde sont capables d'empêcher leur survenue.»

DEUX QUESTIONS EN SUSPENS

Une précision importante s'impose néanmoins : *a priori*, ce traitement ne permet pas d'éliminer les métastases déjà formées dans l'organisme. «En fait, à ce stade des recherches, on ignore s'il est à même de les faire régresser ou d'arrêter leur croissance, dit notre interlocuteur. Mais il évite que, dans le million de cellules tumorales arrivant chaque jour dans le sang par gramme de tumeur, il y ait des "terroristes".»

Pierre Sonveaux insiste fortement sur le fait qu'aussi encourageants soient-ils, les résultats obtenus par son équipe doivent être confirmés chez l'homme. Avant le passage à l'étape des essais cliniques, son laboratoire se doit de réaliser des tests complémentaires chez l'animal, notamment pour élucider 2 points. Première question : la stratégie mise en œuvre est-elle efficace dans tous les types de cancers métastatiques, tels ceux du poumon, du côlon ou de la prostate ? Tout porte à le croire, mais la démonstration doit en être faite. Seconde question : l'administration d'inactivateurs de superoxyde est-elle compatible avec la chimiothérapie et la radiothérapie ? «Nous avons des indices favorables chez des souris cancéreuses qui





Une question de concentration



Le superoxyde peut être fabriqué à différentes concentrations dans les mitochondries. La respiration cellulaire s'accompagne d'une quantité infime de ce qui n'est finalement qu'un déchet métabolique, dans la mesure où il ne remplit pas de rôle bien déterminé dans l'homéostasie. Une concentration que l'on pourrait qualifier d'intermédiaire est associée à la formation de métastases, tandis qu'une concentration élevée est responsable de l'apoptose (mort cellulaire programmée). Aussi est-ce pour prévenir celle-ci que le mitoQ est actuellement testé en clinique humaine dans le cadre de l'hépatite C et de la maladie de Parkinson.

ont reçu une chimiothérapie combinée au traitement expérimental», fait remarquer le professeur Sonveaux.

Si l'administration d'inactivateurs de superoxyde devait s'avérer concluante en clinique humaine pour prévenir les métastases, elle devrait être instaurée dès que possible après la détection d'une tumeur primaire et sans doute être poursuivie tout au long de la vie du patient. Ne peut-on cependant redouter que les candidats progéniteurs métastatiques trouvent des voies alternatives pour déjouer le piège des inactivateurs de superoxyde ? Pierre Sonveaux estime cette éventualité peu probable. Pour quelle raison ? Certes, au fil de ses travaux, son groupe a démontré qu'il existe diverses façons d'induire la production de superoxyde dans les mitochondries et que cette espèce radicalaire a la faculté d'activer de nombreuses voies de signalisation en aval, mais il n'en demeure pas moins que le superoxyde mitochondrial est un passage obligé, vraisemblablement unique, reliant les «voies qui entrent en gare» et celles qui en sortent. Bref, il est la clé de voûte du système.

UNE VOIE ROYALE

Au terme des recherches complémentaires qu'ils vont effectuer chez la souris et dont ils évaluent la durée à 2 ou 3 ans moyennant un soutien fort du mécénat, les chercheurs de l'UCL voudraient, en cas de succès, susciter l'initiation d'études cliniques. Les molécules concernées sont brevetées. Par conséquent, il faudra convaincre les firmes pharmaceutiques qui les détiennent. «C'est pourquoi il est important de montrer que le marché est vaste, donc que l'approche thérapeutique préconisée est applicable à la plupart ou à l'ensemble des cancers métastatiques, et qu'elle n'a pas d'interactions néfastes avec la chimiothérapie ou la radiothérapie», considère Pierre Sonveaux. Il conviendra également de déterminer quelle est la meilleure population cible et le meilleur schéma thérapeutique pour un test préliminaire.»

Avoir réussi à prévenir la formation de métastases est une première mondiale qui mérite, sans nul doute, que l'effort ne soit pas relâché. Allié à cette découverte, le fait que le mitoQ soit dépourvu de toxicité pour l'homme balise une voie royale vers des essais en clinique

humaine. Si elle devait rencontrer les espoirs placés en elle, la découverte de l'équipe de l'UCL s'assimilerait à une avancée majeure, un pas de géant, dans le traitement du cancer. ■

- (1) Paolo E. Porporato et al., A mitochondrial switch promotes tumor metastasis, *Cell Reports* 8, 754-766, August 7, 2014.
- (2) L'invasion est une étape précoce du processus métastatique. Elle peut être sélectionnée in vitro. Les cellules supermétastatiques sont non seulement superinvasives, mais possèdent en outre toutes les autres caractéristiques requises pour établir avec succès une tumeur secondaire. Ces cellules ne peuvent être sélectionnées que in vivo.

Pour en savoir plus:

<http://www.uclouvain.be/420397.html>



Les outils collaboratifs

Texte: **Julie FIARD** • jfi@easi-ie.com • <http://www.easi-ie.com>

http://www.twitter.com/easi_ie • <https://www.facebook.com/EASl.expertsduWeb>

Illustrations: **Vince** • vincent_dubois@me.com

La tendance est au partage et à la consommation collaborative. Qu'en est-il sur le Web ? Selon *Wikipédia* (<http://goo.gl/Cb0vDG>), le travail collaboratif n'est pas un mode de travail nouveau. Il est commun à toutes les sociétés « primitives ». Mais il a pris une dimension nouvelle avec les possibilités qu'offrent l'informatique et Internet. Les premiers outils collaboratifs mis à disposition du grand public, basés sur une logique de don intellectuel ou d'intérêt mutuel, ont vu le jour dans les années 90 avec, par exemple, les « yahoo group ». La fameuse encyclopédie en ligne, *Wikipédia*, est elle-même basée sur un travail collaboratif en ligne.

Ce que l'on appelle communément le travail collaboratif est la notion de collaboration, du début à la fin d'une tâche, sans division du travail. En résumé, sur le Net, tous les acteurs participant à l'élaboration d'une tâche travaillent ensemble sur la même interface et échangent des informations afin d'atteindre un objectif commun défini ensemble.

Comment s'organise le travail collaboratif ?

- tous les acteurs du projet s'inscrivent dans une logique d'amélioration continue de chaque tâche et également, de l'ensemble du projet;
- le travail s'organise spontanément de manière asynchrone, chaque participant peut se connecter de manière simultanée ou non à l'interface hébergeant le projet;
- chaque participant est informé de l'avancée du travail et des tâches effectuées ou encore en cours. Les interactions entre les participants propres au travail collaboratif doivent favoriser la coopération, la productivité et l'innovation.

Aujourd'hui, le Web 2.0 tel que nous l'avons défini dans le numéro 306 d'*Athena* permet à tout un chacun, grâce à des outils et des applications développés en ligne, d'organiser son quotidien, son travail, sa vie sociale et familiale.

À vous de tester les outils collaboratifs qui conviennent le mieux à vos besoins. Nous détaillons ici quelques applications pratiques et utiles.

LE CLOUD COMPUTING

Le développement d'outils collaboratifs en ligne a pris de l'importance grâce notamment à l'essor du *Cloud Computing*. De quoi s'agit-il ?

Imaginez littéralement tous les disques durs de nos ordinateurs dans un énorme nuage, connectés entre eux et accessibles depuis n'importe quelle interface (ordinateur, tablette, smartphone) possédant une connexion Internet. Le *Cloud Computing* est un énorme serveur virtuel qui traite et stocke des informations, sous forme de données, de services et d'applications informatiques en ligne.

► Pourquoi utiliser le Cloud Computing ?

Il permet de stocker d'énormes quantités de données en ligne, dans le *Cloud*, lui même hébergé sur Internet. Pour un usage personnel par exemple, vous pouvez stocker en ligne vos photos, vidéos, documents, etc... en achetant ou en utilisant les services gratuits des fournisseurs d'espaces en ligne. Tous les types de fichiers peuvent y être stockés.

► Quels sont les avantages du Cloud Computing pour les sociétés ?

Le *Cloud Computing* permet aux entreprises de proposer à leurs collaborateurs des outils accessibles à distance, tout en optimisant la sécurité des données et les coûts d'utilisation pour une rentabilité maximale en utilisant par exemple un système de messagerie dédié à l'entreprise, un portail collaboratif, un CRM (*Customer Relationship Management*), un ERP (*Enterprise resource planning*) ou un système de stockage de fichiers.

► Pour quels usages ?

En pratique, les principaux outils collaboratifs, aussi nommés participatifs, sont utiles dans les domaines suivants:

- La bureautique 2.0: il est dorénavant possible de partager entre plusieurs personnes et de modifier à plusieurs un document de traitement de texte (*Word*), une feuille de calcul (*Excel*) ou un document de présentation (*PowerPoint*).
- Les communications synchrones, chat et vidéo chat, comme *Skype* ou *Hangouts* de *Google*.
- Les blogs et microblogs (*Twitter*).
- Les réseaux sociaux: *LinkedIn*, *Viadeo*, *Facebook*...



STOCKAGE ET COLLABORATION EN LIGNE

► Comment stocker des documents en ligne ?

■ Dropbox (<http://www.dropbox.com>)

L'application s'installe sur votre ordinateur et s'affiche comme un nouveau dossier dans lequel vous pouvez stocker vos fichiers (sous n'importe quel format).

Il vous suffit ensuite d'installer l'application sur votre smartphone ou votre tablette et vous aurez accès à tous vos fichiers, soit en vous connectant à votre espace en ligne sur le site Internet, soit depuis votre ordinateur, smartphone ou tablette. Vos fichiers vous suivent partout.

La version gratuite de *Dropbox* inclut 2 Go de stockage. Il est possible d'en obtenir davantage en acceptant certaines conditions de l'application:

- sur l'App Store: <http://goo.gl/6ppF3>
- sur Google Play: <http://goo.gl/x2plFg>

Avec *Dropbox*, il est possible de partager un fichier et/ou un dossier avec plusieurs personnes qui peuvent modifier ou simplement visualiser les documents partagés en fonction de l'accès que vous leur donnez. Les personnes avec qui vous partagez des informations ne sont pas obligées d'avoir un compte pour visualiser ce que vous souhaitez partager, il est également possible de générer un lien que vous pouvez alors envoyer par mail.

■ Onedrive (<http://www.onedrive.live.com>)

Le service de stockage en ligne de *Microsoft* permet de stocker jusqu'à 15 GB gratuitement. Attention cependant, il n'est pas possible de transférer des fichiers uniques plus lourds que 2 GB.

■ Box (<http://www.box.com>)

10 GB de stockage pour la version gratuite. Là aussi, la taille des fichiers ne peut pas dépasser 250 MB, ce qui est peu.

■ Copy (<http://www.copy.com>)

15 GB de stockage gratuit, sans restriction de taille de fichier.

■ Google drive et Evernote (<http://www.google.com>) (<http://www.evernote.com>)

L'une des fonctionnalités de ces 2 applications permet également de stocker des données en ligne.

► Comment partager des photos ?

• Flickr (<http://www.flickr.com>)

Ce site permet de créer des albums-photos, de partager des photos et des vidéos en ligne, de géotagger les photos en fonction de l'endroit où elles sont prises. L'application offre un stockage privé ou public. De nombreux photographes professionnels utilisent *Flickr* pour partager leur travail.

• Picasa (<http://picasa.google.com>)

Picasa est le service de partage de photos de *Google*. Il est accessible à partir d'un compte *Gmail*. Comme *Dropbox*, il faut au préalable télécharger l'application sur votre ordinateur principal avant de pouvoir partager et stocker vos photos en ligne. *Picasa* permet également de retoucher légèrement vos photos.

• Photobucket (<http://photobucket.com>)

Photobucket vous permet de stocker, partager et commander des produits photos en ligne.

• Smugmug (<http://www.smugmug.com>)

Cette application vous permet de choisir des thèmes de présentation pour vos albums-photos. Attention, il s'agit d'un service payant.

- **Shutterfly**
(<http://www.shutterfly.com>)
- **Webshots**
(<http://www.webshots.com>)

➤ Comment gérer une réunion ou prendre une décision ?

Les réunions en mode collaboratif deviennent progressivement incontournables dans les entreprises, souvent imposées par le dispatching géographique des participants. Quelles sont les avantages de ces réunions à distance ?

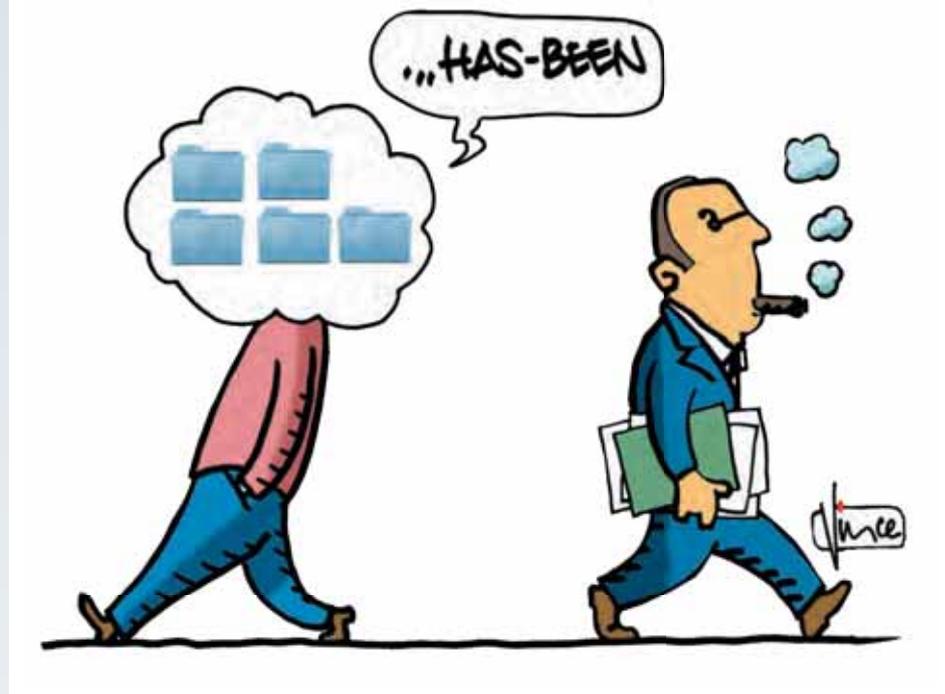
- 1 **Favoriser les échanges, l'écoute et l'interaction**: un des points faibles des réunions «traditionnelles» est l'écoute et la prise de notes de façon simultanée. Les outils collaboratifs permettent de centraliser des fichiers, chatter entre collègues, enregistrer la réunion, développer un compte-rendu commun.
- 2 **Résoudre les problèmes de distance et de disponibilité**: si le terme «réunion» évoque une présence dans une salle autour d'une table, les outils collaboratifs permettent d'éviter ce travers. Il n'est en effet pas toujours possible de réunir les participants en même temps dans un seul et même lieu.

Des logiciels de vidéo-conférence tels que *Skype* (<http://www.skype.com>) ou *Chromebox* (<http://goo.gl/WkQ8M8>) permettent d'organiser des réunions en ligne en rassemblant jusqu'à 15 participants. Ces applications de vidéo-conférence peuvent aussi être utilisées dans un cadre personnel et familial.

LES OUTILS COLLABORATIFS EN LIGNE LES PLUS UTILISÉS

- **Google Drive**
(<http://goo.gl/9qSajL>)

Google drive est le service *Cloud* de *Google*. Lancé en avril 2012, il permet aux utilisateurs de sauvegarder, visualiser,



partager et modifier différents types de fichiers (y compris des calendriers) et de les synchroniser aussi bien à partir d'ordinateurs fixes que d'applications mobiles. Vos fichiers sont dès lors accessibles de n'importe où et à n'importe quel moment. Grâce à cette application, vous avez aussi la possibilité de créer des documents textes, des feuilles de calcul et des présentations ou encore, de travailler à plusieurs sur le même document, les modifications apparaissant en temps réel. Les paramètres permettent également de déterminer qui peut visualiser, modifier ou commenter les documents partagés. À l'intérieur d'un document, via un chat, il est possible d'interpeller un participant afin d'attirer son attention sur tel ou tel élément.

Mais l'idée géniale de *Google Drive* est l'application permettant de garder la trace des versions successives des documents modifiés et de revenir sur les modifications effectuées endéans les 30 derniers jours.

- **Sharepoint**
(<http://goo.gl/B4NQpK>)

Principal concurrent de *Google*, *Microsoft* propose lui aussi une solution *Cloud* assez complète. Outil de travail collaboratif, il est composé d'une série de logiciels permettant la gestion de contenus, de statistiques décisionnelles, la gestion électronique de documents. Il propose également une messagerie. À l'instar de *Google Drive*, *SharePoint* permet aux utilisateurs de travailler à distance en ayant accès aux documents de l'entre-

prise et la possibilité de déposer et de compléter des documents. De ce fait, la plate-forme devient vraiment intéressante lorsqu'elle est employée dans une entreprise multisites, puisqu'elle permet à chaque utilisateur d'échanger et d'enrichir des documents à l'intérieur de l'entreprise. Il s'agit donc d'un excellent moyen d'organisation à grande échelle, offrant de véritables passerelles entre les collaborateurs.

Microsoft propose une solution gratuite de base de 15 Go pour son service de stockage en ligne *OneDrive*.

- **Amazon S3**
(<http://aws.amazon.com/fr/s3>)

Amazon Simple Storage Service est le service de stockage de base du *Cloud Amazon Web Services*. C'est un stockage orienté fichiers. De très nombreux sites Web l'utilisent pour stocker des fichiers en grand nombre, à peu de frais.

- **Cloudwatt**
(<https://www.cloudwatt.com/fr>)

Il s'agit ici d'une solution de stockage et de partage de fichiers en ligne qui dispose d'un client de synchronisation *Mac* et *Windows*, et d'applications mobiles *iOS* et *Android*. Parmi les particularités de ce service, un versioning (la possibilité de retrouver d'anciennes versions) des fichiers, le streaming (la visualisation en ligne des fichiers) de tous types de fichiers et une gestion des droits d'accès au répertoire et aux fichiers. *Cloudwatt* délivre des rapports et audits d'utilisation de la *Cloudwatt-box*.

▪ Mindomo

(<https://www.mindomo.com/fr>)

Mindomo est un outil de création de *Mindmapping* (carte heuristique) proposé dans la suite «docs» de *Google Drive*. Par rapport à d'autres solutions du même type, les fonctions de travail collaboratif font la différence. Tout se fait en temps réel, permettant à chacun d'apporter sa contribution à l'édifice d'un projet ou d'un plan d'action. Le service génère même une liste de tâches pour en assurer le suivi.

Mindomo propose par ailleurs un système de vote et de commentaires qui permet de recueillir un feedback.

Une série d'outils tels que l'intégration de vidéos, de sons ou de photos ainsi qu'un dictionnaire en ligne rend les *mindmaps* vraiment professionnelles. Le travail hors-connexion est également possible; la carte se mettant à jour dès reconnexion.

Plusieurs solutions d'export sont proposées. Vous pouvez aussi conserver des versions en ligne pour pouvoir les retrouver encore plus facilement et au besoin les faire évoluer. ■

Le travail collaboratif est l'une des dimensions importantes de l'apprentissage collaboratif, qui est par exemple encouragé dans certaines formes d'apprentissage en ligne, en particulier dans les «MOOC» dits connectivistes.

Les MOOC, *massive open online course* (cours en ligne massifs et ouverts), feront l'objet d'un de nos prochains articles...

Les outils collaboratifs: quelles transformations pour l'entreprise ?

Quelles sont les tendances collaboratives dans les entreprises en 2015 ? Comment les outils collaboratifs bousculent-ils le management ? Quelles sont les compétences managériales à réinventer ? Toutes les réponses en une infographie sur le site <http://www.communication-web.net> et dans un billet dédié aux outils collaboratifs et au management sur <http://goo.gl/mW0Nn8>

► Une réduction des coûts

Pourquoi et pour qui le *Cloud Computing* et les outils collaboratifs sont-ils économiquement attrayants ?

- Parce qu'ils permettent de démarrer une activité professionnelle sans investir dans une infrastructure informatique coûteuse.
- Parce qu'il offre une haute disponibilité de ses services. Contrairement aux idées reçues, le *Cloud Computing* permet de garantir les accès et la disponibilité des services, ce qui est important aujourd'hui car les entreprises emploient des salariés de plus en plus nomades. Les col-

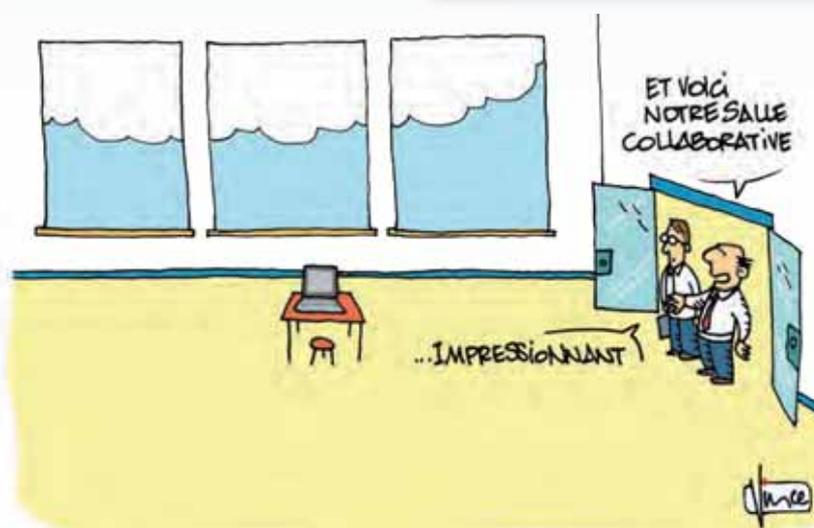
laborateurs doivent donc pouvoir accéder à toutes leurs applications et à leurs données sans interruption de service.

- Pour les entreprises qui disposent déjà de leur propre infrastructure mais qui ont des besoins additionnels, ces outils s'installent sur tous les systèmes.

► Le home-working

Pour l'entreprise, l'intérêt de mettre en place des outils collaboratifs semble évident.

- La crise économique et les coûts toujours plus élevés du marché de l'immobilier rendent les investissements compliqués. En optant pour le home-working et les outils collaboratifs, les entreprises peuvent augmenter leurs effectifs en minimisant les coûts d'infrastructure.
- Autre raison, moins évidente à première vue, le home-working augmenterait la productivité des salariés car il permet à ces derniers de mieux concilier vie privée et professionnelle.
- L'utilisation d'outils collaboratifs en entreprise permet aux employés évoluant en dehors du cadre physique de l'entreprise de s'impliquer au sein des projets, de les suivre mais aussi d'avoir un lien en temps réel avec leurs collègues.
- Ils permettent une gestion de projet plus efficace, une meilleure fluidité de l'information et un décloisonnement entre les services mais aussi entre travailleurs sédentaires et mobiles. L'entreprise devient nomade et donc plus libre.



Sommes-nous

à la croisée des chemins ?

Ou comment assurer à 9 milliards d'êtres humains un avenir sur cette planète ? Déséquilibres démographiques et géographiques, villes du futur, agriculture urbaine, énergies renouvelables, nouvelles technologies, recyclage, systèmes économiques plus adaptés à la consommation et aux besoins, tels sont quelques-uns des enjeux de notre société dans un avenir pas si lointain que cela...



Texte : **Paul Devuyst**

Photos : © **C. PORCHET** (p.32), **L. KURTZ** (p.34), **ESA** (p.35)

En 1958, les Nations Unies frappaient les esprits en brandissant la menace de «6 milliards d'hommes pour l'an 2000». Fin octobre 2011 (le 31 d'après les démographes) naissait le 7 milliardième citoyen du monde ! Selon le scénario moyen des projections des Nations Unies publié en 2013, la population mondiale devrait atteindre 9,6 milliards d'êtres humains en 2050 et 10,9 en 2100.

Cette projection est révisée par les spécialistes tous les 2 ans en tenant compte des changements observés, bien que les hypothèses ne soient jamais modifiées radicalement mais ajustées. Ainsi, le rapport publié en 1981 contenant les premières projections jusqu'en 2100 annonçait, dans son scénario moyen, 10,5 milliards de Terriens à cet horizon. Ce qui n'est guère bien loin des 10,9 milliards avancés l'an dernier.

UNE FÉCONDITÉ TRÈS INÉGALE

Cette apparente stabilité cache cependant des évolutions locales très importantes. La répartition de la population par continent a par exemple sensiblement changé entre les projections de 1981 et celles de 2013.

L'estimation pour l'Asie passe ainsi de 5,9 milliards d'habitants à 4,7 milliards tandis que la projection pour l'Afrique a presque doublé, passant de 2,2 milliards à 4,2 milliards d'habitants. Ce relèvement pour ce continent pourrait rassembler plus d'1 habitant de la planète sur 3 en 2100. Les chiffres pour l'Europe ont quant à eux été revus à la baisse: Russie comprise, elle compterait non plus 918 mais 639 millions d'habitants en 2100, soit 30% de moins ! C'est également le

cas pour l'Amérique latine: 736 millions au lieu d'1 187 millions, soit 40% de moins dans ce cas.

Notons que de profonds déséquilibres affectent ces chiffres: la population humaine est d'abord très inégalement répartie, 10% des terres émergées accueillant plus de 60% des habitants de la planète. Quant à l'espérance de vie à la naissance, elle varie presque du simple au double entre les pays les plus développés et certains des pays les plus pauvres, tels que la Sierra Leone ou l'Afghanistan. Et si la mortalité infantile a considérablement diminué, cela s'est fait bien plus lentement dans quelques pays d'Asie et surtout, en Afrique.

Un dernier déséquilibre va peser lourd à l'avenir: le vieillissement, qui résulte du déclin de la fécondité et de la hausse de l'espérance de vie. Il affectera très différemment les sociétés: en 2050, près d'1 personne sur 3 aura plus de 60 ans au Nord, 1 personne sur 5 dans les pays en développement. Enfin, si les tendances actuelles se poursuivent, la totalité de l'accroissement de la population d'ici à 2050 aura lieu dans les villes.

LES MÉGALOPLES DU FUTUR

«Nous pouvons être certains que toutes les villes du monde se feront concurrence pour obtenir les emplois que va créer le prochain renouveau des services financiers», déclarait récemment Michael Bloomberg, ex-maire de New York, au quotidien américain *The New York Times*.

Cette phrase pourrait tout aussi bien avoir été prononcée par les maires de Londres, Berlin, Shanghai ou d'autres villes encore. Alors que certains États s'interrogent sur leur rôle, les «villes-monde» sont devenues l'un des moteurs de la croissance et de l'emploi. Selon les experts de la société de conseil *Economist Intelligence Unit* - auteurs de l'étude «Hot Spot 2025» - 70% des habitants de la planète vivront dans les villes en 2050 et le PIB (Produit Intérieur Brut) des 600 plus grandes villes de la planète augmentera de 30 000 milliards de dollars entre 2010 et 2025, soit 65% de la croissance mondiale.

Conscients de ces enjeux, les responsables politiques multiplient les initiatives. C'est ainsi que le nouveau maire de Moscou s'est donné plusieurs priorités pour avancer à marche forcée et atteindre le Graal des mégapoles reconnues mondialement. Il investit massivement pour cela dans l'éducation, la santé, la science et les infrastructures afin, *in fine*, de dominer l'Eurasie. Mais la capacité d'attraction d'une ville est un cocktail étonnant car elle doit aussi être capable d'enflammer l'imaginaire par sa vie sociale et culturelle.

COMMENT LES NOURRIR ?

Face à de tels chiffres, on peut aussi se poser la question - comme Malthus se l'était posée dès le 18^e siècle - de savoir si les famines ne vont pas réguler la démographie, sachant qu'actuellement près d'1 milliard d'êtres humains ne mangent déjà pas à leur faim ?

«Si elle était bien répartie, la production agricole mondiale pourrait fournir aujourd'hui à chaque Terrien, un régime équilibré de 3 000 kilocalories (kcal) par jour. Or, ce n'est pas le cas: les pays développés sont à 3 400 kcal, les pays en transition (comme la Chine et l'Inde) à 2 900 et les pays en développement à 2 700; les extrêmes allant de moins de 2 000 à plus de 4 000 kcal», explique l'économiste Guibert Del Marmol.

Pour ne rien arranger, d'une part, les habitudes alimentaires se modifient rapidement avec une augmentation de la part carnée - en particulier dans les pays en transition. D'autre part, environ 30% de la nourriture produite sont gaspillés, que ce soit par les consommateurs (assiettes trop pleines ou nourriture jetée car ayant dépassé la date de péremption) ou par les pertes dues à de mauvaises conditions de stockage après la récolte. «Chaque jour, en terme alimentaire, l'Allemagne jette ce que l'Autriche consomme», précise-t-il. Autrement dit, en 2050, pour nourrir convenablement tout le monde, la production agricole végétale devrait être multipliée par 1,85.

Un tel défi va demander de très gros efforts mais plusieurs études récentes montrent qu'il est possible de le relever. «Pour cela, il faudra simultanément

Bio express



Nom : Guibert Del Marmol

Formation : Économiste.

Fonction :

Ancien dirigeant d'entreprises, actuellement conférencier, conseiller et auteur de «*Sans plus attendre*» (2009) et «*Tomber plus haut*» (2014) aux éditions Ker.

Spécialisation :

Développement d'une gestion durable et responsable.

Tél. : +32 496 70 77 76

Fax : +32 24 03 08 39

réduire le gaspillage en sensibilisant les populations à la valeur de la nourriture, augmenter les rendements agricoles tout en réduisant les engrais pour amoindrir la pression sur l'environnement ou en faisant appel à une agriculture dite "écologiquement intensive"», poursuit Guibert Del Marmol. Une solution, déjà mise en œuvre dans plusieurs pays, consiste à cultiver en ville. Autrement dit, il faut tout simplement amener la culture des fruits et légumes à l'intérieur des zones urbaines (notamment sur les toits plats de certains immeubles comme cela se fait déjà à New York et à Singapour) et en proche périphérie. L'intérêt de cette production locale ? Elle élimine le problème des transports maraîchers qui étouffe la circulation et pollue l'air des villes, elle s'adapte parfaitement à



la demande des consommateurs et permet le recyclage sur place des déchets organiques, une réponse au défi écologique des grandes villes», plaide le conférencier.

L'AUTONOMIE ÉNERGÉTIQUE

La transition énergétique constitue l'une des clés du 21^e siècle. L'accès à une énergie abondante et bon marché joue un rôle vital dans les économies et les sociétés modernes. À titre d'exemples, Guibert Del Marmol cite le cas de l'île écossaise d'Eigg, 100% autosuffisante en énergie (pour ses 67 habitants !) et de cette autre île danoise qui, grâce au vent, au Soleil et à l'eau produit à l'heure actuelle plus d'électricité que ses 5 000 habitants n'en consomment.

Si l'économiste croit en la combinaison de diverses sources d'énergie non polluantes selon l'endroit et la géographie des lieux, sa préférence va cependant vers l'énergie solaire. Inépuisable et non polluante, elle détient potentiellement toutes les qualités pour satisfaire nos besoins car elle apporte toutes les 50 minutes de quoi répondre à notre consommation annuelle, soit près de 10 milliards de tonnes équivalent pétrole. «Exploiter une part infime de ce potentiel pour produire de l'électricité est devenu un défi majeur car qui dispose d'énergie, dispose aussi d'eau et donc de la vie», dit-il.

Si le photovoltaïque est une filière d'un très grand dynamisme, qui a vu ses coûts diminuer rapidement ces dernières années, les centrales solaires thermiques constituent une autre façon de produire de l'électricité. Les rayons solaires y sont concentrés pour atteindre des températures élevées. La chaleur accumulée est alors communiquée à un fluide qui fait tourner une turbine. Mais cette technologie suppose un fort ensoleillement et des cieux clairs caractéristiques des climats chauds et secs.

Le solaire, tout comme l'éolien, ont cependant un handicap majeur: ce sont des énergies intermittentes, c'est-à-dire qu'elles ne fonctionnent que lorsqu'il y a du Soleil (et donc pas la nuit) ou du vent. Une contrainte étant donné qu'une maison ou une pompe à eau équipée de panneaux solaires ou d'une éolienne ne produit pas forcément son électricité au moment où celle-ci devrait être utilisée.

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Pour rendre cette fourniture d'énergie plus stable, les éoliennes et fermes solaires commencent à être couplées à des batteries lithium-ion, comme celles que l'on trouve dans les téléphones mobiles et les PC portables. Ce stockage augmente cependant de 50% le

coût des installations et sa capacité est limitée par le volume de batteries.

Une autre solution prometteuse serait d'utiliser des batteries dites à circulation, inventées dans les années 60. L'énergie n'est plus stockée dans la batterie elle-même mais dans des réservoirs de liquides électrolytiques de grande capacité. Seul inconvénient, ces équipements utilisent généralement des sels de métaux très coûteux. Cette technique a été modernisée par une équipe de chercheurs de Harvard (États-Unis) qui a conçu une batterie électrochimique stockant l'énergie sans utiliser de métal, celui-ci étant remplacé par une molécule organique (l'antraquinone) qui pourrait être produite au moyen de sources agricoles, comme... la rhubarbe. Un concept très intéressant et prometteur mais qui n'en est encore qu'au stade expérimental.

«Et quand on parle de batteries, on pense immédiatement à la voiture électrique, dont l'avènement est inéluctable», assure Guibert Del Marmol. Si l'an dernier, seulement 200 000 voitures de ce type ont été immatriculées dans le monde - une goutte d'eau dans un marché global de 80 millions de véhicules - les raisons en sont connues: une autonomie limitée et un manque de bornes de recharge. Le potentiel est pourtant bien réel car la voiture électrique est sans doute l'alternative la plus pratique pour limiter la pollution atmosphérique dans les grandes villes. «En 2050, 72% de la population mondiale sera urbaine et il faudra



absolument trouver une solution pour combattre cette pollution», ajoute-t-il.

Assez logiquement donc, le salut de la voiture électrique pourrait venir de la Chine, où la pollution est devenue si forte dans les grandes villes que le Gouvernement multiplie les freins aux véhicules polluants. A Pékin, la voiture électrique échappe d'ailleurs déjà à la loterie pour l'attribution des plaques d'immatriculation. Un jour probablement, le Gouvernement chinois décidera de passer à la vitesse supérieure en autorisant dans certaines grandes villes les seuls moteurs propres. L'avenir de la voiture électrique serait alors assuré.

UN MODÈLE ÉCONOMIQUE

«Il faut aller au-delà du durable, affirme l'économiste. Et pour cela, il faut mettre en place un système économique qui crée plus de valeurs qu'il n'en consomme, une économie régénératrice qui s'appuie sur 4 piliers».

Le premier de ces piliers est la relocalisation des fondamentaux, c'est-à-dire de l'alimentation, de l'énergie et une partie de la finance: les monnaies locales favorisant la consommation locale. Il prend comme exemples la Suisse, la Bavière ou encore, le succès du mouvement américain «Move Your Money». Créé en

2009 aux États-Unis, celui-ci incite les Américains à quitter les grosses banques accusées d'être responsables de la crise économique de 2009. Il repose essentiellement sur le site web éponyme et propose une liste de banques de proximité ou de caisses de crédit (à but non lucratif) comme alternative aux 6 principales banques américaines, considérées par les fondateurs du mouvement comme politiquement et financièrement trop puissantes. Dix-huit millions d'Américains ont déjà adhéré à ce mouvement.

Le second pilier est une économie collaborative basée sur l'intelligence du partage. Elle consiste à publier son problème sur Internet et à proposer une récompense à celui qui pourra le résoudre. C'est ainsi que la Nasa a pu solutionner, en quelques jours, un problème vieux de 35 ans grâce à l'aide d'un retraité britannique. C'est aussi sur ce principe que fonctionne le covoiturage, notamment sur le site de «Blablacar».

Le troisième élément est basé sur le passage d'une économie de propriété à une économie d'usage, autrement dit le «leasing». Pourquoi acheter une foreuse que vous utiliserez une fois par an 200 euros, alors que vous pouvez en louer une

pour 10 euros le jour où vous en aurez besoin ? C'est le principe et le succès de ce que l'on nomme les «Fab lab», pour «fabrication laboratory».

Enfin, le quatrième pilier repose sur une économie circulaire. L'homme est la seule espèce sur cette Terre qui prend de la matière, la transforme et en fait un déchet recyclable. Il suffit de penser à la voiture, aujourd'hui recyclable à 92%, ou aux infimes parties de métal précieux récupérées dans les téléphones portables ou les ordinateurs.

«On peut dire qu'aujourd'hui, tout est recyclable à l'infini, avec une pression sur l'environnement la plus faible possible. Et si le 20^e siècle était chimique, le 21^e sera sans aucun doute biologique», conclut Guibert Del Marmol. ■



On sait tirer des plans sur la comète...

Le robot Philae, qui travaille sur la comète Tchouri à 500 millions de kilomètres de notre Terre, a ébahi les Européens, légitimement fiers de leur prouesse technologique. On sait enfin «tirer des plans sur la comète» au sens premier du terme ! Cela s'avère bien plus aisé que de s'occuper du «plancher des vaches» car on peut être un génie de la science et encore se faire piéger par les réalités de la vie.

Isaac Newton lui-même n'a-t-il pas été ruiné après l'éclatement, en 1720, de la première bulle financière, celle de la South Sea Company dans laquelle il avait investi ? Déjà, au siècle des Lumières, il était plus aisé de découvrir la gravitation universelle («la pomme de Newton») que d'apprécier la valeur d'une entreprise.

Pour opposer la précision des sciences dures aux approximations de l'économie, il est commode d'invoquer la dimension humaine de cette dernière: l'Homme est par nature libre et insaisissable. Or, rien n'est moins sûr qu'il en soit ainsi !

Tout feu Tout flamme !

Rappelons que lorsque certains types d'atomes sont chauffés dans la flamme d'un bec Bunsen, l'un ou l'autre de ses électrons subit une excitation et passe à un niveau d'énergie supérieur. Le retour subséquent dudit électron vers son niveau fondamental se traduit par la restitution de l'énergie qu'il avait absorbée et ce, parfois, sous forme de « lumière visible ». Les feux d'artifice ne sont rien d'autre qu'une application de ce principe à grande échelle...



Texte : José BONTEMPS • jbontemps@alumni.ulg.ac.be

De tels tests de flamme sont mis à profit au laboratoire de chimie analytique pour identifier certains éléments: on parle alors d'analyse qualitative. Ces tests sont le plus souvent exécutés à l'aide d'un fil de platine (symbole Pt) plongé dans l'acide chlorhydrique (HCl) puis dans la substance à analyser. Voici, à titre d'exemples, quelques couleurs observées:

- Lithium (Li): rouge carmin;
- Sodium (Na): jaune;
- Potassium (K): bleu lavande;
- Barium (Ba): vert pomme;
- Calcium (Ca): orange à rouge;
- Strontium (Sr): cramoisi.

Ces tests peuvent aussi se réaliser à partir de bandelettes de papier imprégnées de la solution à analyser.

Une anecdote amusante à ce sujet vient du physico-chimiste Robert Williams Wood (1868-1955), de l'Université Johns Hopkins à Baltimore, qui racontait comment, lorsqu'il était étudiant en

Allemagne, il en vint à découvrir que le potage qu'on lui servait était préparé avec les os du poulet qu'il avait mangé la veille. Comment ? Il prit un fil de platine, en bon chimiste le trempa dans son potage et le plaça dans la flamme d'une lampe à alcool: une couleur rouge carmin, caractéristique du Lithium (Li), apparut. «Hier, dit-il, j'ai saupoudré les os du poulet qui restaient dans mon assiette avec du chlorure de lithium (LiCl) et aujourd'hui, le lithium est dans mon potage».

On se trouve donc devant une «enquête» au cours de laquelle un élément chimique, l'atome de lithium, a servi de «traceur» pour suivre les os de poulet dans la soupe, autrement dit une forme de falsification.

Cet exemple anecdotique nous amène à parler du rôle important de la chimie parmi les sciences policières, en particulier la GC-MS (chromatographie en phase gazeuse, technique de séparation couplée à la spectrométrie de masse, technique d'identification) et les tests d'ADN, qui permettent de manière absolue

d'identifier, d'innocenter ou de condamner un suspect.

UN SECRET DE POLICHINELLE

En 1952, lors de l'explosion de la première bombe thermonucléaire (Bombe H) dans le Pacifique, le *New York Times* révélait en manchette la description donnée par des témoins oculaires: «Une intense couleur rouge carmin...». Tout chimiste qui se souvient des tests de flamme réalisés au laboratoire de chimie analytique, avait alors compris, entre les lignes, que le produit de la fusion thermonucléaire était un composé du lithium, au grand dam de ceux qui avaient mis au point la dite bombe dans le plus grand secret.

Explication: le lithium est un métal et un élément chimique de symbole Li et de numéro atomique $Z=3$. Dans le tableau périodique des éléments, il est situé tout à gauche dans le groupe 1, parmi les métaux alcalins, en seconde position sous l'hydrogène H.

Autour d'un chiffre

6,022
x 10²³

Comme tous les métaux alcalins, le lithium pur est un métal mou, de couleur gris argenté, qui se ternit et s'oxyde très rapidement au contact de l'air et de l'eau, prenant une teinte gris foncée virant rapidement à l'antracite et au noir. C'est l'élément solide le plus léger. Il est souvent utilisé comme anode de batterie du fait de son grand potentiel électrochimique. Les batteries au lithium sont elles-mêmes utilisées dans les systèmes embarqués pour leur grande densité énergétique, aussi bien massive que volumique.

Les noyaux des 2 isotopes (⁶Li et ⁷Li) stables du lithium comptent parmi les noyaux atomiques ayant l'énergie de liaison par nucléon (5,5-5,6 MeV) la plus faible de tous les isotopes stables, ce qui en fait des noyaux relativement peu stables comparés à ceux des autres éléments légers. C'est pourquoi ils peuvent être utilisés dans des réactions de fission nucléaire comme de fusion nucléaire. C'est également la raison pour laquelle le lithium est moins abondant dans le système solaire.

Le lithium joue par conséquent un rôle important en physique nucléaire. La transmutation d'atomes de lithium en tritium a été la première réaction de fusion nucléaire artificielle, et le deutérium de lithium est le combustible de la bombe H. En comparaison, les bombes H seraient théoriquement au moins 1 000 fois plus puissantes que «*Little Boy*», la bombe à fission larguée en 1945 sur Hiroshima. Pendant des siècles, l'énergie du Soleil a fait rêver les hommes. De nombreux essais ont même été tentés pour la capter et l'utiliser. Avec l'avènement de la science nucléaire, il devient désormais possible de reproduire les réactions qui libèrent l'énergie solaire. Une bombe à hydrogène est en réalité un Soleil en miniature... ■

En chimie, on doit tantôt parler de grandes quantités de matière, tantôt de petites. En pratique, un chimiste doit exprimer une «équation chimique» en termes d'atomes ou de molécules et la convertir en termes de masse (usage de la balance).

Le «nombre d'Avogadro» permet de compter le nombre de particules dans une «mole» de substance. Il vaut (accrochez-vous):
602 214 000 000 000 000 000, soit 602 214 milliards de milliards.

$$\Leftrightarrow N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

L'indice A étant le A d'Amedeo AVOGADRO. Ce physicien et chimiste italien (1776-1856) a notamment formulé la loi selon laquelle des volumes égaux de gaz différents, sous les mêmes conditions de pression et de température, contiennent le même nombre de particules; ce que l'on nommera les lois d'Avogadro.

Avogadro n'avait cependant aucun moyen, à son époque, de déterminer le nombre qui porte son nom. Les tentatives commencèrent un peu plus tard, dans les années 1870. Et ce fut le physicien français Jean Perrin (1870-1942) qui la baptisa du nom d'AVOGADRO en 1908. Il recevra le Prix Nobel de physique en 1926 pour ses travaux sur la discontinuité de la matière.

Qu'est-ce qu'une «mole» ? Il s'agit de l'unité du Système International d'Unités qui permet d'exprimer une quantité de substance. La mole est donc l'unité dont se servent les chimistes pour exprimer le poids (la masse) des atomes, qui équivaut à un très grand nombre de particules. Une mole contient autant d'atomes ou de molécules que contiennent 12 grammes de carbone-12 pur. L'équation serait donc la suivante:

$$\Leftrightarrow 1 \text{ mol} = 6,022045 \times 10^{23} \text{ (particules)}$$

On retiendra en pratique que lorsqu'on exprime la masse atomique d'un élément quelconque en grammes, on obtient de fait la masse d'une mole de l'élément considéré. En additionnant les masses atomiques de chacun des atomes dont une molécule est constituée, on obtient la «masse moléculaire» de celle-ci.

La mole est un outil puissant et le nombre d'AVOGADRO une des constantes fondamentales, utilisé pour les chimistes pour relier le monde microscopique des molécules à celui macroscopique des expériences. Imaginons que sur base de 22,99 g de sodium (Na, de masse atomique relative 22,99), vous souhaitiez faire du sel avec du dichlore gazeux (2 atomes de Cl, de masse atomique relative (*) 35,453). Comment savoir quelle quantité de chlore utiliser ? Étant donné la formule du sel de table (NaCl), il faut un atome de sodium pour un atome de chlore, soit 35,453 g.

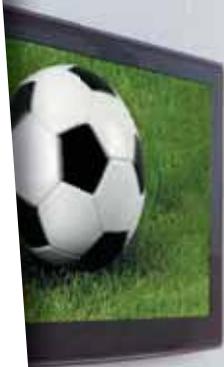
Sachant que les flocons de neige sont constitués d'eau (H₂O, de masse moléculaire relative 18,02) et pèsent environ 1 mg, combien 1 flocon compte-t-il de molécules d'eau ? Dans 18,02 g d'eau, il y a 6,022 x 10²³ molécules. Une simple règle de 3 nous amène à 3,34 x 10¹⁹ molécules d'eau.

Comme toutes les unités, les multiples de la mole sont décrits avec les préfixes du système international. Son sous-multiple le plus courant est la millimole (mmol = 10⁻³ mol). Notons encore qu'il est essentiel d'indiquer la nature des entités élémentaires: une mole d'atomes, de molécules, d'ions, d'électrons, d'autres particules, de groupes de particules...

(*) Le terme «relative» fait référence à la masse de l'isotope 12 du carbone.

✚ Pour en savoir +

- Oh, la Chimie !, Paul Depovere, Dunod, 2000.
- <http://www.wikipedia.org>
- Atlas de la chimie, Hans Breuer, Le Livre de Poche, 2000.
- Petit précis de la chimie à déguster, Joël Lévy, Belin, 2011.
- <http://lesdefinitions.fr/nombre-d%E2%80%99avogadro#ixzz3CkVY8soF>



Texte : Jean-Michel DEBRY • j.m.debry@skynet.be

Photos : Schnäggli/Wiki - lac Léman (p.39),
A. VOORHIES/Flickr - Odd Ducks (p.41)

La médecine, consultante de luxe pour la télévision ? Un tsunami en Suisse, possible ? Thé, café ou chocolat, du pareil au même ? L'épigénétique lèvera-t-elle un coin du mystère de notre histoire ? Le sucre va-t-il nous tuer ? Et le bisphénol, arrivera-t-on à l'éliminer de notre vie quotidienne ? Tant de questions dont on cherche les réponses...

L'imagerie médicale en télévision

Gâce aux extraordinaires progrès de la technique au cours des dernières décennies, l'imagerie médicale autorise aujourd'hui une lecture complète et atraumatique du corps humain ainsi que des flux qui le caractérisent. Elle permet notamment, en temps réel, de mettre en évidence les zones activées du cerveau dans de nombreuses situations; dans le cadre de pathologies neurodégénératives ou post-traumatiques en particulier. Puisque l'outil existe et qu'il est performant, pourquoi ne pas éventuellement chercher à l'utiliser à d'autres fins que médicales ?

La question a retenu l'attention de quelques spécialistes américains qui se sont demandés s'il ne pourrait pas être mis à profit pour valider l'intérêt de nouveaux programmes télévisuels, voire de publicités. Et bien entendu, ils sont passés de l'intention aux actes et ont sélectionné un groupe de 16 jeunes adultes fans de séries télévisées ou de matches de football dont la retransmission est généralement entrecoupée de publicités ciblées. Sans doute avec l'appui de quelques programmeurs ou régies publicitaires, ils ont soumis le groupe test à une imagerie par résonance magnétique fonctionnelle ou à un électroencéphalogramme pendant qu'il regardait en avant-première de nouvelles séries ou des publicités. Ils ont noté le niveau d'activité de certaines zones cérébrales, ce qui leur a permis de mettre en évidence une excitation différentielle des zones ciblées en fonction des images soumises. Et ils sont arrivés à cette conclusion assez étonnante: un groupe de témoins aussi réduit peut suffire à établir l'intérêt d'une nouvelle série ou l'impact publicitaire des spots diffusés. C'est en quelque sorte un audimat par anticipation. Et quand on sait les montants que peuvent générer les publicités diffusées pendant les grandes rencontres sportives ou ceux qui permettent la réalisation des séries télé, on comprend l'intérêt de quelques spécialistes de l'imagerie médicale pour ce secteur qui leur est tout de même un peu étranger.

Le pays qui a inventé l'addiction télévisuelle ne pouvait manquer d'y ajouter cette dimension médicale. C'est fait. D'ici à ce que quelques grandes chaînes réalisent des électroencéphalogrammes *online* chez un panel de téléspectateurs, il n'y a peut-être plus qu'un pas ! ■

► *Nature* 2014; 512: 8

Y a pas le feu au lac ! Encore que...

Qui dit tsunami dit généralement Japon. D'abord, parce que le mot tire ses origines de la langue du cru, mais surtout parce que le phénomène y prend souvent ses développements les plus dramatiques. Et s'il y a un pays pour lequel on pourrait *a priori* imaginer que le risque de tsunami est faible, c'est bien la Suisse. Campée sur les sommets alpins, elle est suffisamment éloignée de toute mer ou océan pour ne pas être trop exposée. Ce n'est pas faux; encore que le soulèvement alpin connaît de temps à autre des réajustements sous forme de petits tremblements de terre et qu'un tsunami n'a pas besoin d'un océan, voire d'une mer pour exister. Sans aller jusqu'à dire qu'un verre d'eau suffit, on peut tout de même imaginer qu'une secousse sismique sous un lac d'envergure pourrait provoquer une vague qui, projetée sur les rives, engendrerait quelques dégâts.

Et c'est bien de ça qu'il s'agit. Les Suisses étant prudents, ils envisagent donc la façon de parer à cette potentielle éventualité. D'autant plus que la chose s'est déjà produite plus d'une fois dans un passé préhistorique et même historique. Le lac de Lucerne a ainsi connu 2 événements de ce type rien qu'au 17^e siècle, faisant surgir une vague de 5 m de haut. Le Léman aurait connu une mésaventure identique en l'an 563, la vague induite ayant eu raison des communautés humaines vivant sur les rives. Au total, ce lac emblématique aurait connu 5 tsunamis au cours des 4 derniers millénaires. Le phénomène n'est donc pas très fréquent, mais il n'est pas inexistant non plus. Il s'est du reste manifesté dans d'autres lacs moins importants du pays, avec des effets proportionnels à la masse d'eau déplacée.

Si le risque existe, rien ne permet toutefois de préciser quand le prochain événement surviendra. La question qui se pose, sans réponse à ce jour, est de savoir que faire. Faut-il, questionnant non sans humour un spécialiste, démonter Genève et le reconstruire plus haut ? Ceux à qui la problématique n'a, à l'évidence, pas échappé, ce sont les assureurs. Ils ne sont pas Suisses pour rien non plus ! ■

► *Nature* 2014; 513: 16-17

Thé, café ou chocolat ?

Café, thé et cacao ont ceci en commun d'être, à des degrés divers, appréciés par une majorité d'humains et de contenir un stimulant: la caféine pour le café, la théophylline pour le thé et la théobromine pour le cacao. Ce qu'on sait moins, c'est que ces 3 plantes, dont la production est d'importance mondiale, sont apparentées et ont donc dû avoir un ancêtre commun. Puisque toutes les 3 produisent un alcaloïde spécifique, cela signifie que son émergence - sous une autre forme sans doute - remonte vraisemblablement à l'ancêtre en question; une production que les descendants ont spécialisé à leur tour et probablement, à leur profit. Mais quel profit ? La question reste posée. En première approximation, 2 possibilités existent: ou l'alcaloïde produit se montre toxique pour quelques prédateurs, ou il se montre attractif pour les pollinisateurs. Ou les 2. En tout cas, c'est ce que le lointain ancêtre évoqué a bien compris, puisqu'il a gardé la mutation fondatrice. L'intérêt s'est trouvé tel chez la plante que d'autres mutations ont renforcé la première. Si bien que chez les 3 plantes évoquées, tout ce qui fait leur originalité génique semble avoir un rapport avec la production de l'alcaloïde qui leur est propre.

Une question reste toutefois résolument sans réponse: pourquoi l'alcaloïde propre à chacune n'est-il consommé chez l'humain qu'après une préparation qui passe par le séchage ou la torréfaction ? Cette étape - essentielle à l'exhaustion du goût - aurait-elle échappé à la nature ? Cela reste à creuser... ■

► *Science* 2014; 345: 1181-1184



BIOZOOM



Ceci n'est pas un potiron oublié quelques temps dans le fond d'un jardin. Il s'agit bien d'une plante...vivante ! L'*Hydnora africana*, membre de la famille des Euphorbiaceae, se développe sous terre. Seules de grosses fleurs (mal)odorantes émergent du sol afin d'attirer les pollinisateurs naturels tels que les bousiers. Ce végétal parasite, non chlorophyllien, pousse dans les régions sub-tropicales à tropicales, notamment en Afrique du Sud.

Quel est le seul animal capable de tuer par calcul et pas pour s'alimenter ?

Réponse: le chimpanzé, notre plus proche cousin; et ce caractère a tendance à nous rapprocher. En 2013, le monde des humains comptait en effet encore 33 conflits d'importance (au minimum) nationale.

Cette apparente agressivité «gratuite» du singe partage néanmoins les spécialistes du comportement; pour nombre d'entre eux, c'est - comme on a pu l'observer à plusieurs reprises - la proximité de l'homme qui serait responsable de ces débordements coupables. Mais une étude récente tend à montrer qu'ils seraient plutôt liés à la plus grande proportion de mâles et à une densité de population plus élevée. Dans ce contexte de concurrence, il apparaît que le rapport coût/bénéfice d'une agression pouvant entraîner la mort d'un autre individu puisse apparaître favorable. Dont acte, chez le singe. Et souvent chez l'homme aussi. Mais le débat reste ouvert. Le mot de la fin (momentanée) pourrait être laissé à Jean Rostand qui, il y a longtemps déjà, disait: «*Quand Nietzsche écrivait que la bonté des singes lui faisait douter que l'homme en eût pu descendre, il s'illusionnait sur les qualités de ces quadrumanes avides, cruels et lubriques. Ce sont bien les aïeux qu'il nous fallait*». C'est dit ! ■

► *Nature* 2014; 513: 321-322



L'épigénétique, témoin du passé

Pour l'avoir évoquée plus d'une fois dans cette même chronique, l'épigénétique est une réalité qui ne demande sans doute plus à être détaillée. Pour faire simple, on peut simplement rappeler qu'il s'agit d'un ensemble de mécanismes moléculaires dont l'objet est de moduler l'expression des gènes. Si nos cellules disposant d'un noyau comportent le même ADN - et donc aussi tous les gènes qui nous caractérisent - toutes ne rendent pas actif l'ensemble de ces unités d'information génétique, simplement parce que la spécialisation locale d'une cellule, quelle qu'elle soit, ne requiert que celles qui lui sont nécessaires.

De la même façon, tous les gènes ne sont pas également actifs à tous les âges de la vie, en fonction du sexe ou de l'état de santé, selon l'organe auquel on s'intéresse. Autrement dit, l'étude des marques épigénétiques devrait permettre *a posteriori*, de présumer de l'âge, du sexe ou de l'état de santé d'un individu dont on retrouve des vestiges suffisamment bien conservés. C'est en tout cas une voie dans laquelle tente de s'engouffrer la paléanthropologie. Lorsque des vestiges pas trop anciens sont exhumés et que les conditions de conservation ont été bonnes, il est possible d'en extraire de l'ADN et en étudier la séquence. Mais ce même ADN, ainsi que les molécules autour duquel il s'enroule (les histones), portent des marques de cette modu-

lation épigénétique. Il s'agit souvent de petits radicaux dont le méthyle (-CH₃) est le plus fréquent. Avec un peu de chance, on peut donc à la fois identifier les séquences d'ADN codant pour des gènes identifiés et savoir si ces derniers étaient «activés» ou non, et de quelle façon ils pouvaient l'être. C'est par exemple ce qui a déjà permis de savoir si des humains dont les ossements ont été retrouvés étaient plutôt des chasseurs-cueilleurs ou des cultivateurs sédentarisés. La modification du régime alimentaire ne mène en effet pas au même niveau d'activation de certains gènes impliqués dans la dégradation digestive. D'une façon identique et en fonction de la cartographie des groupements méthyles identifiés sur l'ADN prélevé, on peut confirmer l'âge approximatif d'individus, un âge approximé par ailleurs grâce à la structure du squelette.

On l'aura compris, on n'en est encore qu'aux prémices de l'exploitation épigénétique des vestiges humains. Et on sait déjà qu'elle aura des limites; ce qui subsiste en effet le plus souvent, ce sont des os, des dents et parfois, des cheveux. Les autres tissus ne sont retrouvés que si les corps ont été momifiés, naturellement ou non. Mais quel que soit l'importance du «plus» apporté, c'est toujours ça de pris. La connaissance universelle saura l'exploiter ! ■

► *Science* 2014; 345: 511-512

Sucre ou succédané ?

Que notre régime alimentaire moyen soit trop riche si on le confronte à nos besoins énergétiques quotidiens n'est pas discutable. L'épidémie de surpoids et d'obésité est là pour en témoigner, même si la problématique est plus complexe que ce seul lien de cause à effets pourrait laisser supposer. Face au risque prévisible d'embonpoint qui les guette, nombre de contemporains ont fait le choix du substitut alimentaire quand la chose leur paraît possible; en clair, ils remplacent par exemple le sucre par un succédané: saccharine, sucralose ou aspartame par exemple. Ça ressemble *a priori* à un pas dans le bon sens et en tout cas, cela correspond à une prise de conscience salubre. Est-ce suffisant ? On peut en douter.

En revanche, ce qui apparaît avec une insistance croissante dans les publications, c'est que ces substituts ne sont pas innocents sur un plan métabolique. Ils seraient même étroitement associés à des dérèglements, ceux-là même qu'on aimerait réduire. Un comble ! L'agent responsable ? Le microbiome, la microflore intestinale qui réagirait défavorablement à ces substituts, conduisant, selon des études menées tant chez l'humain que chez la souris, à une intolérance au glucose, porte d'accès à des dysfonctionnements pancréatiques et au diabète.

Chez la souris, le lien ne fait plus aucun doute; on a pu mener de multiples expériences ciblées qui ont clairement mis en évidence l'implication. Et chose étonnante, le fait d'imposer aux animaux une cure préventive d'antibiotiques - qui éradique leur microflore - suffit à prévenir les effets du substitut. C'est donc bien cette flore qui, perturbée, induirait les désordres observés. Les essais réalisés chez des humains sont en revanche moins tranchés. S'ils vont globalement dans le même sens que les précédents cités, ils sont moins systématiques; preuve sans doute que des mécanismes régulateurs peuvent être mis en œuvre ou qu'il existe des microbiomes différents qui réagissent de façon tout aussi différentielle à la présence du substitut.

Alors, que faire ? Réduire l'apport de sucre « additionnel » déjà. Rechercher des alternatives, s'il en existe. La stévia en fait partie. Mais ses composés sucrant (le stéviolside et le rébaudioside,

notamment) sont déjà incorporés à de nombreux produits « light ».

Reste donc l'effort volontaire: revenir au sucre, mais avec mesure; ne plus sucrer son café ou son thé. C'est l'affaire d'une quinzaine de jours pour gommer l'accoutumance. Après, on ne peut plus supporter le goût sucré et c'est toujours ça de gagné. Mais la volonté peut-elle résister à l'épreuve du goût ? Là, c'est vraiment une affaire de choix personnel ! ■

► *Nature* 2014; 513: 290



Un monde « bisphénol safe » ?

Avec les phtalates - autres composants des matières plastiques - le bisphénol A a été un des premiers produits chimiques à faire l'objet d'une régulation sévère en raison de ses effets sur la santé humaine. Une réalité qui lui a notamment valu d'être banni des biberons et de toutes autres substances à usage alimentaire d'ici peu. Ce membre de la famille des bisphénols est en effet reconnu comme étant un « perturbateur endocrinien », à l'instar de plusieurs centaines d'autres produits chimiques. En se liant à des récepteurs cellulaires spécifiques, il mime l'action d'hormones naturelles et principalement celle du 17β -œstradiol. On imagine par conséquent les effets qu'il peut avoir sur les enfants de sexe masculin en bas âge.

Pour autant, les bisphénols ont des propriétés « utiles »: on en trouve dans de nombreux plastiques à usage alimentaire, dans les barquettes et les canettes, mais aussi sur les tickets de caisse où il sert de révélateur. Il serait encore produit à raison de 3 millions de tonnes par an. C'est dire à quel point il peut se montrer ubiquitaire. De plus en plus toutefois, des produits sont étiquetés « sans phénol », tickets de caisse compris. Mais par quoi le remplacer ? Par un autre phénol aux propriétés identiques, mais sans l'effet indésirable ? C'est une idée. Puisqu'il s'agit d'un produit de la chimie, les laboratoires sont occupés à produire un nouveau bisphénol A qui conserverait ses propriétés multiples mais pas l'inconvénient décrié.

Plus qu'un cas isolé, c'est un cas d'école. On peut en effet espérer qu'une démarche identique sera entreprise pour tous les produits auxquels on a trouvé ces effets perturbateurs. Les phtalates (assouplissants des matières plastiques) ou les parabènes (antifongiques et antibactériens présents dans beaucoup de crèmes, pommades et médicaments) pourraient suivre. L'idéal serait de les supprimer s'ils ne sont pas utiles. En seconde intention, modifier leur structure chimique pour les rendre inoffensifs sur le plan hormonal. Le but n'est pas de revenir à des conditions de toutes façons révolues, mais de prendre une pleine conscience de ce qu'on fait. Et si on ne peut se passer d'additifs, qu'ils soient choisis en toute connaissance de cause et après en avoir testé l'absence d'effets adverses. N'est-ce pas une question de sécurité élémentaire ? ■

► *Médecine/sciences* 2014; 29(1): 14-17



Plaisir d'hiver !

Neige et glace font partie des joies (ou des désagréments !) de l'hiver. Tout au plaisir de patiner ou de réaliser un bonhomme de neige, on se doute peu qu'il existe différentes formes de glaces. On vient pourtant d'en découvrir encore une nouvelle, la glace XVI, qui pourrait jouer un rôle dans notre approvisionnement en énergie...



Texte : **Henri DUPUIS** • dupuis.h@belgacom.net

Photos : **Anctil-De Boeck, 2008** (p.42), **Wusel007/Wiki** - clathrate (p.43)

L'eau, cette substance si simple en apparence, continue à hanter les nuits blanches des physiciens et des chimistes. Sa structure moléculaire (H_2O) a beau être l'une des plus simples qui soient, les propriétés de l'eau sont souvent étonnantes et complexes à expliquer. Une complexité due à l'interaction entre les molécules qui se réalise par la liaison hydrogène. On peut ainsi rappeler qu'hormis l'ammoniaque, l'eau est l'élément naturel ayant la chaleur spécifique la plus élevée, autrement dit, très difficile à chauffer et à refroidir (les substances contenant beaucoup d'eau mettent plus de temps à chauffer au micro-ondes par exemple).

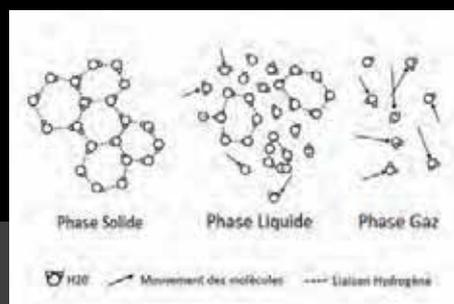
Une autre de ses caractéristiques est la température à laquelle elle acquiert sa densité maximale: $+4\text{ }^\circ\text{C}$. C'est un fait très important puisqu'il explique la plongée des eaux froides des océans et donc le phénomène de mélange des eaux.

Et surtout le fait que la glace, moins dense que l'eau à $4\text{ }^\circ\text{C}$, va, elle, flotter à la surface et empêcher la propagation du froid vers les grandes profondeurs. Une fois encore, l'eau est quasi la seule substance naturelle (avec l'antimoine et le bismuth) à se comporter de la sorte. Normalement, le phénomène de glaciation devrait commencer «par le bas» et se propager vers le haut; la glace ne devrait donc pas flotter sur l'eau ! Cela est dû aux liaisons hydrogène qui impliquent l'atome d'hydrogène d'une molécule et le doublet non liant de l'atome d'oxygène d'une autre molécule, ce qui confère à l'eau et la glace une assez grande stabilité. C'est aussi cela qui explique l'arrangement cristallin permanent de la glace et partiellement dans l'eau pas trop chaude. Mais vers $25\text{-}30\text{ }^\circ\text{C}$, ces liaisons se fragilisent et n'existent

plus dans la vapeur. Voilà pourquoi il faut fournir tant d'énergie pour faire bouillir de l'eau: toutes les liaisons hydrogène doivent être détruites pour que l'eau devienne vapeur !

LA GLACE IH

Revenons à l'eau liquide et solide. Dans le liquide, localement et à un instant donné, une molécule est entourée de 4 autres, formant ainsi une structure tétraédrique (voir figure ci-dessous). Si la



Représentation schématique du positionnement des molécules d'eau les unes par rapport aux autres selon les phases.

température s'abaisse à 0 °C (du moins à pression atmosphérique), l'eau se fige: l'ordre local de l'eau liquide devient un ordre à grande distance et l'eau devient un solide cristallin. C'est la forme la plus courante de la glace, celle qui se forme au fond de notre jardin ou dans notre surgélateur.

Au début du 20^e siècle, le physico-chimiste allemand Gustav Tammann la dénomme «Ih», le h faisant référence à la structure hexagonale de ce type de glace. Dès lors, les scientifiques vont soit découvrir, soit fabriquer d'autres types de glace que sans beaucoup d'imagination, ils vont dénommer d'un chiffre romain. Ces autres formes dépendent surtout des conditions de pression dans lesquelles elles se forment. Cependant, toujours à pression atmosphérique, la glace peut avoir une structure bien différente de la Ih. C'est le cas si l'on projette de la vapeur d'eau sur une surface très froide (aux environs de -196 °C). Le solide qui se forme alors, vitreux ou amorphe, est plutôt un liquide figé car il n'a pas d'ordre à grande distance (ce n'est donc pas un cristal). Mais on l'a dit, c'est essentiellement en faisant varier les conditions de pression que les scientifiques ont obtenu des types de glace différents. En 1937, on en était déjà à la glace VII. Avec une constante qu'il faut souligner: ces cristaux sont plus denses que l'eau liquide correspondante ! Autrement dit, à l'équilibre eau-glace, ces glaces coulent...

Un type de glace est étonnant: la X. Elle est obtenue en comprimant fortement (à 100 GPa de pression !) la glace «normale» (Ih). Dans ce cas, la distance O-O de 2 molécules voisines est égale à 2 fois la longueur de la liaison O-H au sein d'une molécule et les H sont donc partagés entre les O de 2 molécules voisines. Le solide ainsi obtenu n'est plus de l'eau mais un oxyde d'hydrogène, exactement comme le Cu₂O est un oxyde de cuivre.

LA GLACE XVI

Qu'en est-il de la glace XVI qui vient d'être découverte ou plus exactement, qui vient d'être fabriquée (1) ? D'abord, c'est la moins dense de toutes les glaces, moins dense encore que la Ih. Ensuite



Bloc d'hydrate de gaz (clathrate) trouvé lors d'une expédition scientifique par le navire de recherche allemand FS SONNE au large de l'Oregon, à une profondeur d'environ 1200 mètres. Cet hydrate de méthane était enfoui dans le premier mètre du sédiment. Il présente une structure particulière vaguement en nid d'abeille quand il fond.

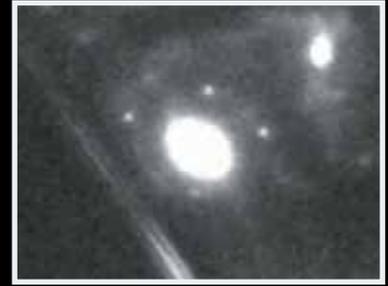
et surtout, elle est de type clathrate. Il s'agit d'une structure cristalline composée de «cages» moléculaires capables de contenir d'autres molécules ou atomes. L'intérêt ? Le clathrate le plus connu est sans doute l'hydrate de méthane, sorte de docteur Jekyll et mister Hyde de la nature. Présents en grande quantité dans le permafrost et dans les couches sédimentaires du fond des océans, ces clathrates contenant du méthane sont une menace car instables, ils risquent à tout moment de libérer de grandes quantités de méthane, redoutable gaz à effet de serre. Mais dès qu'ils fondent en présence d'oxygène, ils se mettent à brûler (d'où le nom de «glace qui brûle»). Ils constituent donc une faramineuse potentielle source d'énergie dont nous aurons sans doute besoin. Parvenir à recréer une structure semblable avec de la glace est donc un pas important pour l'étude de l'hydrate de méthane. D'autant plus que selon les chercheurs qui ont fabriqué la glace XVI, il est aussi possible de former des clathrates avec du CO₂ qui lui, est stable dans les conditions des fonds océaniques. D'où l'idée, folle à ce jour, d'exploiter le méthane comme source d'énergie et de le remplacer au fur et à mesure par du CO₂ ! Mais on est loin du compte puisque la première extraction de méthane sous-marin n'a été réussie par des chercheurs japonais qu'il y a 2 ans à peine, en mars 2013. ■

(1) Formation and properties of ice XVI obtained by emptying a type sII clathrate hydrate. Andrzej Falenty, Thomas C. Hansen, Werner F. Kuhs. Nature 516, 231–233 (11 December 2014) doi:10.1038/nature14014.



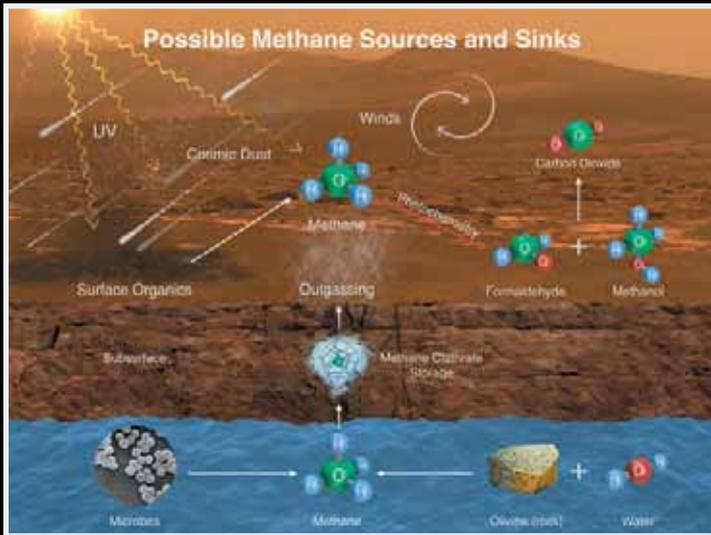
À la Une du Cosmos

Texte: Yaël NAZÉ • naze@astro.ulg.ac.be • <http://www.astro.ulg.ac.be/news>



La distorsion de la lumière par effet de lentille gravitationnelle permet de voir 4 images d'une supernova lointaine - c'est le premier exemple d'image quadruple d'une étoile!

Photo: Kelly et al.



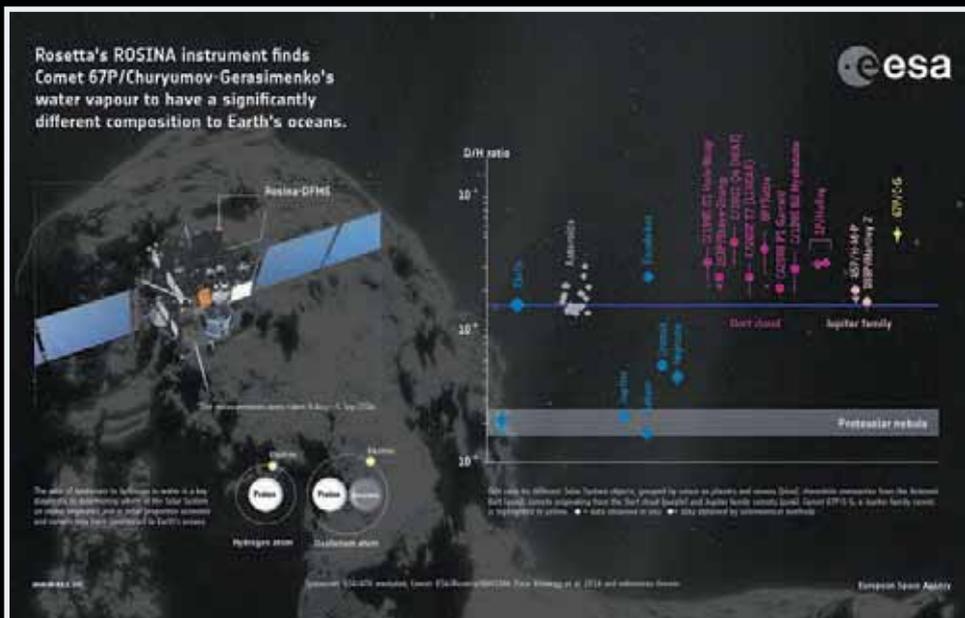
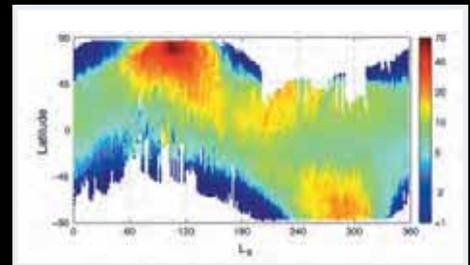
Rebondissement à propos de la vie martienne... Confirmant les données précédentes (notamment celles de l'Européen Mars Express), le rover Curiosity a détecté du méthane dans l'atmosphère de la planète rouge - or le méthane disparaît rapidement: il faut donc une source actuelle de ce gaz (volcans ? vie ?).

Les augmentations temporaires de l'abondance du méthane suggèrent en tout cas des sources localisées. Curiosity a aussi détecté d'autres molécules organiques dans le sol. Plus conflictuel, un nouveau débat est lancé autour de météorites martiennes comportant peut-être des «traces» de vie, et de la possible détection de fossiles sur Mars dans des images de Curiosity.

Photo: Curiosity (vue d'artiste)

La distribution de la vapeur d'eau dans l'atmosphère martienne a été cartographiée en détail par la sonde européenne Mars Express tout au long de ses 10 années de mission, révélant les cycles saisonniers. Les données montrent aussi une asymétrie nord-sud ainsi qu'une forte réduction de la teneur en eau lors des tempêtes de sable globales.

Photo: ESA



Les mesures faites par la sonde Rosetta indiquent que l'hydrogène de la comète 67P «Churi» diffère de celui de l'eau terrestre et ce, plus radicalement que dans les comètes analysées jusqu'à présent par d'autres moyens.

Cela confirme que les comètes sont diverses et n'ont pas eu un grand rôle dans la naissance de nos océans.

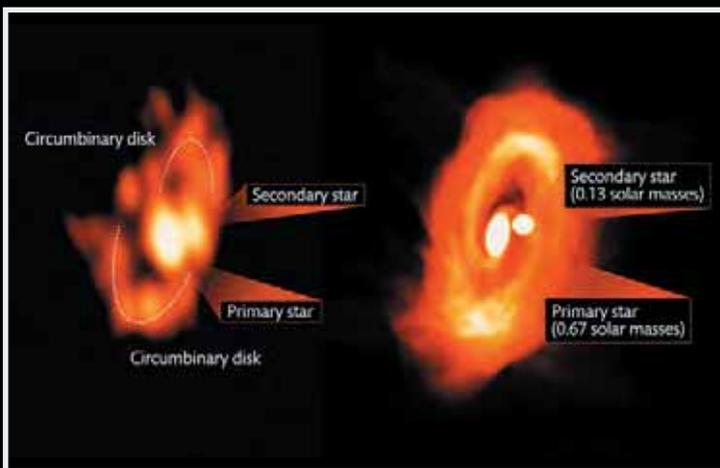
Photo: ESA

La mission japonaise Hayabusa 2 vient d'être lancée, direction l'astéroïde 1999 JU3.
Photo: JAXA (Courtesy of Akihiro Ikeshita)



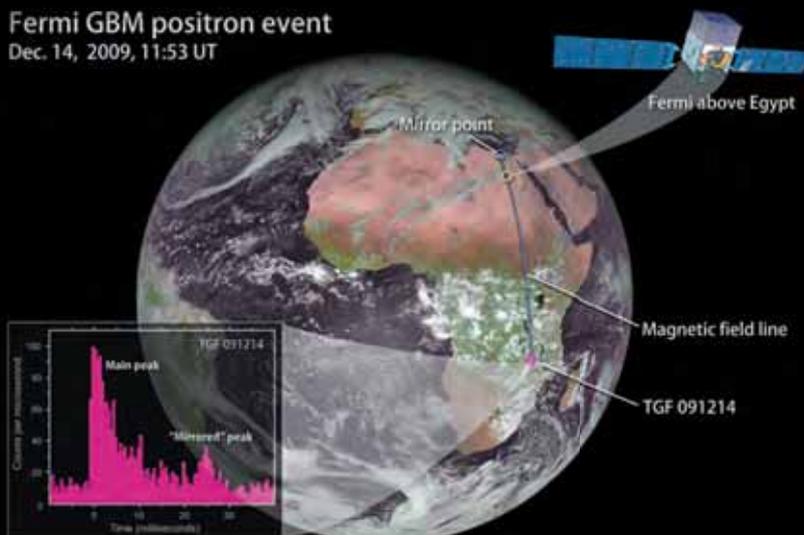
La galaxie baptisée J1649+2635 pose un gros problème aux astronomes. Il s'agit en effet d'une galaxie spirale entourée d'un grand halo qui émet des jets de particules - or ce genre de choses est une caractéristique normalement associée aux galaxies elliptiques (l'idée était que les jets sont une conséquence de collisions entre galaxies, qui détruisent les structures spirales).

Photo: NRAO



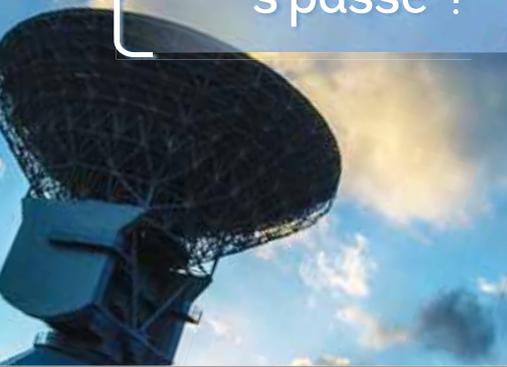
À gauche: Une zone de l'Antarctique près de la mer d'Amundsen fond rapidement: les données montrent un triplement de la fonte des glaces sur 2 décennies. Les glaciers perdent dans cette zone l'équivalent de l'Everest tous les 2 ans. Photo: NASA • À droite: Pour la première fois, les détails de la formation d'un couple stellaire ont été observés et ce, grâce à ALMA. Ce couple, L1551, possède un disque qui l'entoure et des filaments spiraux qui «nourrissent» chacune de ses composantes. Photo: ALMA

Fermi GBM positron event
Dec. 14, 2009, 11:53 UT



Certaines tempêtes orageuses envoient des rayons gamma: l'observatoire Fermi a observé ces «flashes gamma terrestres» et a déterminé leur position - ils se produisent dans le haut des nuages, mais leur présence ne dépend pas de l'intensité de la tempête...
Photo: Fermi (vue d'artiste)

Qu'est-ce qui s'y passe ?



Texte: **Théo PIRARD**

Photos: **ESA, E. Jehin/ESO**

Un peu à l'instar de la quête des astéroïdes ou des comètes, la chasse aux exoplanètes est lancée partout sur Terre. Cette recherche de planètes autour d'autres étoiles bat son plein. Quelle équipe scientifique sera la première à identifier une exoplanète qui abrite une vie... extra-terrestre ? On estime que notre galaxie, la Voie Lactée, posséderait au bas mot une centaine de milliards de planètes... Dont au moins 10 milliards, susceptibles d'accueillir la vie.

À ce jour, quelque 1 850 exoplanètes ont été recensées. Ce nombre ne cesse de croître. Les observatoires se multiplient tant au sol que dans l'espace pour les découvrir et les étudier. L'Europe des chercheurs, principalement avec l'ESO (European Southern Observatory) et l'ESA (European Space Agency), se mobilise pour la découverte de «nouveaux mondes» dans l'Univers...

Dans les 20 prochaines années, des planètes semblables à notre Terre devraient être mises en évidence à plusieurs années-lumières...

De quoi confirmer que nous ne sommes pas seuls dans cette immensité faite de galaxies, quasars, trous noirs... Regarder, mais pas toucher ! Les distances à franchir dépassent nos capacités technologiques. La curiosité humaine est telle que nous désirons connaître les horizons de plus en plus lointains et - qui sait ? - y découvrir d'autres espèces vivantes. Déjà avec le *Hubble Space Telescope*, en orbite depuis bientôt 25 ans et toujours en fonctionnement, la NASA a donné au monde une loupe grossissante sur l'infiniment grand. En 2019, elle veut faire mieux avec le *James Webb Space Telescope*, qu'il est prévu de satelliser en 2018 à 1,5 million de km de nous au moyen d'un lanceur *Ariane 5*. Son cœur, d'un diamètre de 6,5 m et formé de 20 miroirs de forme hexagonale, en fera le plus grand télescope dans l'espace. Notre vision de la voûte céleste va tirer parti d'autres télescopes spatiaux, spécialement conçus pour la détection des exoplanètes: le petit *Cheops* (*Characterising ExoPlanets Satellite*) de l'ESA et le *Tess* (*Transiting Exoplanet Survey Satellite*) de la NASA sont en préparation pour des lancements dès 2017.

Sur l'ensemble du globe, on assiste à une prolifération de télescopes terrestres. À quoi tient pareil engouement ?

De tout temps, les mystères du ciel et en particulier, la vie sur d'autres mondes, ont fasciné l'humanité. Leur compréhension nécessite des moyens ambitieux et coûteux. Aussi l'Europe a-t-elle décidé de miser sur la coopération pour la mise en place d'instruments de plus en plus performants, qui nécessitent des investissements importants. L'ESO est une organisation européenne intergouvernementale qui développe et gère des télescopes au Chili, sur des sommets de la Cordillère des Andes, afin d'observer l'Univers dans l'Hémisphère Sud. Elle vient de donner son feu vert pour la construction, au Cerro Amazonas (dans l'Atacama, à 3 060 m d'altitude), d'un énorme télescope, l'E-ELT (*European Extremely Large Telescope*) doté d'un miroir primaire de 39 m. Cet outil, qui va coûter plus d'1 milliard d'euros, sera opérationnel pour les années 2020.

De leur côté, les nations émergentes comme la Chine, l'Inde ou le Brésil, s'équipent d'observatoires afin d'être acteurs dans la moisson de données pour l'astronomie, l'astrophysique, la cosmologie. Aujourd'hui, les efforts sont tels que la vision que nous avons du Cosmos ne sera plus la même dans les prochaines décennies. Avant 2050, on devrait avoir mis en évidence une autre «terre» habitable.

L'Université de Liège est bel et bien partie prenante dans cette métamorphose...

Au sein du Département AGO (Astrophysique, Géophysique et Océanographie) de l'Université de Liège, 2 groupes de recherche s'efforcent de faire avancer l'enquête sur d'autres mondes: OrCA (Origines Cosmologiques et Astrophysiques) et AEOS (Astrophysique Extragalactique et Observations Spatiales). Afin de disposer de temps d'observation de longue durée, des chercheurs d'OrCA ont installé *Trappist* (*Transiting Planets & Planetesmas Small Telescope*), un télescope automatisé de 0,60 m à l'observatoire de La Silla, au Chili. Son frère, dit *Trappist Nord*, va être mis en place cet été dans le Haut Atlas, au Maroc. Il y a *Speculoos* (*Search for habitable Planets Eclipsing ULtra-coOL Stars*), un ensemble de 4 télescopes robotiques d'1 m de diamètre qui, à partir de 2016, traqueront les exoplanètes habitables depuis le site Cerro Paranal de l'ESO, à proximité du VLT (*Very Large Telescope*). Le ciel n'a donc pas fini de surprendre. ■

Sous le ciel chilien, voici Trappist qui est télépiloté depuis l'ULg pour la détection d'exoplanètes et pour l'étude des comètes.



L'aéronomie spatiale

une spécialité belge
depuis 50 ans

Texte: **Théo PIRARD** • theopirard@yahoo.fr

Photos: **IASB** (p.48)

L'aéronomie est la science qui étudie la chimie (composants) et la physique (changements) de l'atmosphère. Cette étude couvre cet environnement, essentiel pour la vie sur Terre, qui part de l'espace interplanétaire (influences de l'activité solaire) jusqu'à la surface terrestre (effets de l'environnement naturel et des activités humaines). Officialisée en 1954 par la communauté scientifique, cette discipline multi- et interdisciplinaire se trouve bel et bien au cœur des préoccupations du monde actuel: trou d'ozone, effet de serre, aérosols d'origine volcanique, relations Soleil-Terre, ondes radio dans l'ionosphère, orages magnétiques, perturbations des orbites...

Dix ans plus tard, le 25 novembre 1964, sous l'impulsion du professeur et baron Marcel Nicolet, conscient que la dimension spatiale, avec les fusées-sondes et les satellites, devenait une clé essentielle pour mieux connaître et comprendre l'atmosphère, l'*Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB)* voyait le jour et démarrait ses activités. L'équipe de Marcel Nicolet prit rapidement de l'envergure avec l'aménagement de laboratoires et d'ateliers dans un nouveau bâtiment sur le plateau d'Uccle. Aux côtés de l'*Observatoire Royal de Belgique* et de l'*Institut Royal Météorologique*, l'*IASB* devenait rapidement une référence sur le plan international. Il était aux avant-postes pour mettre en évidence le dramatique phénomène du changement global au sein d'un élément qui conditionne la vie sur notre planète.

L'Institut compte à son actif plusieurs «premières» belges dans l'espace:

- Il est impliqué dans l'exploitation de l'*ISS* en hébergeant le *B.USOC (Belgian User Support & Operation Center)*. Cet outil clé pour l'*ESA* a servi à l'exécution d'expériences belges au cours du vol spatial de l'astronaute Frank De Winne *Odissea*, en novembre 2002. Il assure le contrôle de *Solar*, plate-forme d'observations du Soleil (avec plusieurs instruments belges) à l'extérieur du module européen *Columbus* de la station.
 - Avec l'observatoire *Envisat* de l'*ESA*, l'*IASB* a contribué à la surveillance de l'ozone par satellite au moyen de *GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars)*. Le suivi à long terme par la méthode de l'occultation est à présent dû aux senseurs *GOME-2 (Global Ozone Monitoring Experiment)* qui équipent les satellites météo opérationnels en orbite polaire, les *Metop* de l'organisation *Eumetsat*.
- ### Un PICASSO comme cadeau d'anniversaire
- Martine De Mazière, directrice générale a.i. de l'*IASB*, qui compte quelque 150 personnes, met l'accent sur les compétences de plus de 85 chercheurs pour apporter des réponses adéquates aux questions qui interpellent la société civile et l'être humain pour tout ce qui concerne la chimie atmosphérique de la Terre ainsi que son évolution à court et long terme. Elle est consciente que pour le demi-siècle à venir, il importe pour l'Institut de maintenir comme des priorités la créativité d'équipes dynamiques au sein de partenariats, sa flexibilité, sa capacité de s'adapter à un environnement changeant et la continuité dans la mise en œuvre d'outils innovants d'observations.
- Jusqu'ici, l'*IASB* dépendait de systèmes spatiaux organisés et planifiés dans un contexte européen. Durant la seconde moitié de cette décennie, il va disposer, grâce à l'équipe de Didier Fussen, de satellites originaux pour procéder à des sondages verticaux de l'atmosphère. Le premier est un triple *Cubesat* appelé *PICASSO (Pico-Satellite for Atmospheric & Space Science Observations)*. Approuvé en octobre dernier comme mission scientifique *Cubesat* de l'*ESA*, ce nano-satellite d'à peine 3,7 kg sera notamment équipé du senseur hyperspectral *VISION (Visible Imager for Occultation*
- Dirk Frimout, notre premier astronaute, était chercheur à l'*IASB* lors de sa participation à la mission *Atlas-1 (Atmospheric Laboratory for Applications and Science)* de la *NASA*. Elle s'est déroulée du 24 mars au 2 avril 1992 avec plusieurs expériences de l'*IASB* dans la soute de la navette *Atlantis*.
 - Ses chercheurs ont contribué à la charge scientifique de la plate-forme *Eureca (European Retrieval Carrier)*, qui a volé autour de la Terre entre août 1992 et juillet 1993. Elle leur a permis de confirmer leur savoir-faire en chimie atmosphérique et en physique solaire.
 - L'Institut est partie prenante de l'exploration planétaire, avec des instruments d'étude de l'atmosphère sur les sondes européennes *Mars Express*, *Venus Express* et *Rosetta*. Il prépare *Nomad (Nadir & Occultation for Mars Discovery)* qui prendra place sur le satellite *TGO (Trace Gas Orbiter)* de la mission russo-européenne *Exomars* 2016.

PROBA-ALTIUS



PICASSO

and Nightglow). L'autre projet, que l'ESA devrait adopter en avril avec un financement belge, est le PROBA-ALTIUS (*Atmospheric Limb Tracker for Investigation of the Upcoming Stratosphere*). Cet observatoire d'environ 120 kg servira à dresser avec une grande précision les profils verticaux des gaz en traces dans l'atmosphère au moyen d'un spectromètre-sondeur, technologiquement avancé, du limbe atmosphérique. ■

Avec l'IXV, direction le 7^e ciel pour la Sabca

Texte: Théo PIRARD

Photo: ESA-S.CORVAJA

Ce 11 février, le 4^e exemplaire du lanceur européen Vega servira à l'expérimentation d'un prototype de rentrée atmosphérique. L'IXV (*Intermediate eXperimental Vehicle*) de l'ESA doit effectuer un vol suborbital de 100 minutes depuis le Centre spatial guyanais de Kourou jusqu'au milieu du Pacifique. Réalisé par Thales Alenia Space Italia, il sera propulsé pour atteindre l'altitude de 415 km avant de plonger dans l'atmosphère à 7,5 km/s. C'est la vitesse à laquelle les systèmes spatiaux reviennent de l'orbite terrestre. L'objectif de cette démonstration technologique est de collecter des données sur le comportement aéro-thermodynamique d'un corps portant (*lifting body*) dont le fuselage offre la particularité d'être sans ailes.

Dix États membres (Italie, France, Suisse, Espagne, Belgique, Portugal, Irlande, Pays-Bas, Allemagne, Suède) de l'ESA sont

partie prenante de la mission IXV, dont le coût est d'environ 150 millions d'euros. Avec le test de rentrée d'un engin qui a la taille d'une voiture moyenne (5 m de long, 2,2 m de large) et une masse de 1,95 t, l'ESA entend garder pied dans les technologies essentielles aux systèmes réutilisables pour l'espace: protection thermique pour un retour sécurisé, navigation, contrôle et guidage pour un pilotage précis. Ces technologies sont bien maîtrisées par la Nasa avec le *Space Shuttle* et par l'*US Air Force* dont le planeur automatique X-37 - développé par Boeing - est discrètement resté sur orbite pendant 675 jours. Elles intéressent par ailleurs la Russie, la Chine et le Japon pour mener à bien, sous la forme d'allers-retours réguliers, des mesures, observations ou expériences autour de la Terre.

Piloter un planeur sans ailes à 27 000 km/h !

ailles volera en décrivant une longue parabole pour revenir vers la Terre. Le moment le plus problématique lors de ce retour sera d'acquies rapidement l'orientation correcte pour aborder l'atmosphère à 27 000 km/h. En encaissant un violent coup de frein, la structure de l'IXV, protégée par un recouvrement en tuiles de céramique, sera soumise à un fort échauffement (jusqu'à 1 800 °C). Sa descente en mer sera ralentie par des parachutes, et son maintien sur l'océan, en vue d'une récupération, assurée par des ballons de flottaison.

L'industrie belge se trouve fort impliquée dans la mission expérimentale IXV. En ayant un rôle primordial dans la mise en œuvre du premier planeur spatial européen, la SABCA, Thales Alenia Space Belgium, QinetiQ Space, Space Applications Services et le Von Karman Institute font la démonstration de leurs compétences technologiques. La SABCA valorise sa spécialité des servo-vérins en ayant développé le système électro-mécanique d'orientation de la gouverne qui doit piloter convenablement l'IXV afin qu'il aborde l'atmosphère sous l'angle le plus correct. Ce système, dit FpCS (*Flap Control System*), transmet avec beaucoup de réactivité les commandes de contrôle aux volets du gouvernail. Il est basé sur des éléments ayant démontré leur efficacité pour le pilotage des 4 étages du lanceur Vega. Cette valorisation vient à point nommé. La SABCA se positionne pour le lanceur européen de nouvelle génération, alias Ariane 6. Son développement a été décidé en décembre à Luxembourg lors d'un Conseil ESA au niveau ministériel. ■

Comme le X-37 américain à bord d'un lanceur Atlas V, l'IXV européen, conçu pour amerrir et non atterrir, décollera sous une imposante coiffe au sommet de la fusée Vega. Contrôlé par le centre Altec (Turin) au moyen des stations de Libreville (Gabon) et Malindi (Kenya), puis d'un terminal mobile sur le navire de récupération Nos Aries (Pacifique), le planeur sans



Ultime préparatifs du planeur IXV chez Thales Alenia Space Italia

Brèves spatiales...

d'ici et d'ailleurs

Texte: Théo PIRARD • Photos: NASA, ESA-D.Ducros, ESA



Deux Ariane 6 pour le prix d'une en 2020 !

Deux versions - Ariane 6.2 (avec 2 moteurs d'appoint à poudre) destinée aux missions gouvernementales et Ariane 6.4 (avec 4 «boosters») pour les lancements commerciaux - avaient été proposées à l'ESA par l'industrie européenne. Et ce, sous l'impulsion d'Airbus Defence & Space et Safran, qui ont créé, pour le 1^{er} janvier dernier, la filiale commune Airbus Safran Launchers, basée en France. De leur côté, les opérateurs de satellites souhaitent disposer du lanceur de nouvelle génération Ariane 6 dès 2020.

La décision de financement du programme Ariane 6 a été prise lors de son Conseil ministériel de décembre, dans la capitale grand-ducale: il s'agit d'un investissement public de 2 928 millions d'euros, qui est, d'après les souscriptions nationales enregistrées à Luxembourg, pris en charge par une douzaine d'États membres de l'ESA: la France (52%), l'Allemagne (22%), l'Espagne (6%), la Belgique (4%), la Suisse (3,5%), les Pays-Bas (1,85%), l'Italie (1,4%, qui investit dans le petit lanceur Vega-C et le propulseur P120C) ainsi que la Norvège, la Suède, l'Autriche, l'Irlande et la Roumanie. Le premier vol d'une Ariane 6.2 est attendu pour fin 2020 à partir d'un nouveau complexe de lancements au CSG (Centre spatial guyanais). L'industrie belge des systèmes spatiaux est concernée par Ariane 6 pour la SABCA (pilotage, structures), Thales Alenia Space Belgium (électronique de bord), Techspace Aero/Groupe Safran (vannes des propulseurs cryogéniques Vulcain et Vinci). ■



La Belgique à bord de Rosetta

Une équipe de chercheurs belges au sein de l'IASB (*Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique*) est impliquée dans l'une des expériences à bord de la sonde cométaire Rosetta de l'ESA. Il s'agit de l'instrument ROSINA (*Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis*) qu'ils ont développé et exploitent avec l'Université de Berne (Suisse).

L'objectif est de mesurer la composition de l'atmosphère cométaire, alors que la comète 67P, autour de laquelle évolue Rosetta, se rapproche du Soleil et se réchauffe, éjectant des nuages d'eau et de poussières. Par ailleurs, la société liégeoise Amos a fourni les structures de support des batteries à bord du petit explorateur Philae qui se trouve actuellement en équilibre instable sur la surface très accidentée de la comète. ■

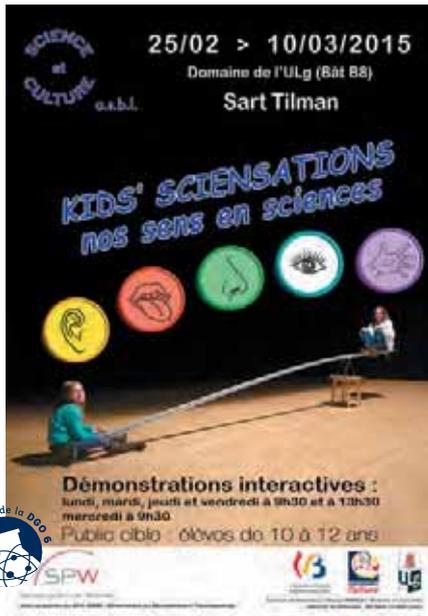
Vue d'artiste de l'orbiteur ROSETTA accompagnant la comète.



AGENDA

- Du 25 février au 10 mars 2015
- *Domaine universitaire du Sart Tilman*
Salle de théâtre de l'ULg, «Exèdre Dick Annegarn» - Bâtiment B8

Kids' sciensations, nos sens en sciences



En février 2013, l'asbl *Science et Culture* inaugurerait son exposition scientifique à destination des élèves de l'enseignement primaire supérieur. Une première qui a rencontré l'enthousiasme des spectateurs ! Quel plaisir d'entendre des «oh déjà !» à l'annonce de la fin du spectacle ! Et quelle difficulté de devoir choisir un volontaire quand toutes les mains sont levées à chaque sollicitation des animateurs... C'est donc pour le plus grand plaisir des présentateurs que l'expérience sera réitérée cette année.

Au total, une trentaine d'expériences spectaculaires de physique, de chimie et de biologie concernant nos 5 sens seront présentées de manière participative par des animateurs scientifiques, le tout agrémenté d'un quizz interactif. Destinées aux élèves de 10 à 12 ans, la durée des séances sera de 2 fois 45 minutes, entrecoupées d'une courte pause. Chaque visiteur recevra pour l'occasion un livret-guide de 16 pages A4 richement illustrées et reprenant des expériences à réaliser chez soi, histoire de continuer l'aventure à la maison !

Infos www.sci-cult.ulg.ac.be

- Les 18 et 19 février 2015
- Du 14 au 16 avril 2015
- *Campus de Charleroi et de Mons*

3 activités pour découvrir les sciences de l'ingénieur

Tu es en secondaire, tu dois faire des choix d'options et donc déjà te projeter dans ton avenir professionnel ! Pas simple ! Pour t'aider dans tes décisions, la Faculté Polytechnique de Mons et SciTech² te proposent 3 rendez-vous de découverte des sciences de l'ingénieur :

Journée d'initiation à la robotique pour les élèves de 5^e et 6^e secondaire:

le challenge consiste à construire et programmer ton robot afin qu'il relève des défis sur une piste inconnue ! Pour ce faire, tu auras à ta disposition des *Lego Mindstorms* et des *Brick Pi*, ordinateurs de la taille d'une carte de crédit qui seront exploités pour programmer les robots. Aucun prérequis n'est nécessaire, tu acquerras les bases de la programmation en utilisant *Scratch*, un langage de programmation visuel et intuitif.

Étudiant d'un jour en Polytech: patrimoine et génie civil, les défis insoupçonnés des ingénieurs. Au programme: 2 exposés en matinée dans une ambiance «cours en auditoire» pour vous glisser dans la peau d'un étudiant en Polytech. Visites sur chantier l'après-midi pour vous faire une idée encore plus précise du métier d'ingénieur.

Stages Polytech-Jeunes: Qui sont les ingénieurs ? Que font-ils ? À quoi ressemblent les laboratoires de la Polytech et qu'y fait-on ? Pour le découvrir, choisis parmi 9 stages d'initiation aux différentes disciplines de l'ingénieur ! C'est l'occasion pour toi de découvrir divers concepts technologiques, de faire des liens avec ce que tu apprends dans le secondaire et d'aborder des thèmes scientifiques d'actualité. Et peut-être, qui sait, t'aider dans tes choix d'étude.

Infos

<http://scitech2.umons.ac.be/>



À NE PAS MANQUER !

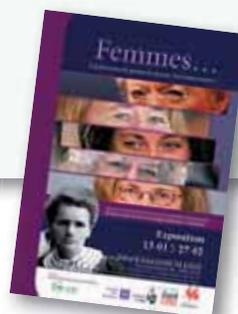
«Femmes...»

- Jusqu'au 27 février 2015
- *Espace Wallonie de Liège*
Place Saint-Michel, 86 - 4000 Liège

Cette exposition organisée par le Service public de Wallonie, l'Université libre de Bruxelles, la Maison des Sciences de Liège, Catherine Servais, Émilie Ringlet et Yvan Leriche comporte 4 volets typiquement féminins :

- L'exposition «*Marie Curie, symbole et passion*» et le documentaire de l'ULB, «*Marie Curie, au-delà du mythe*».
- Le dossier pédagogique «*Femmes, sciences et technologies*»: de l'Antiquité à nos jours, la carrière et les découvertes de femmes étonnantes et tenaces, dont certaines ont reçu un Prix Nobel.
- L'expo photos «*Elles, si belles... Regard sur les femmes*»: Yvan Leriche fait surgir de son boîtier mille et une émotions et nous entraîne sur le fil ténu de sa sensibilité.
- La série de photos de Catherine Servais intitulée «*Seins-plement femmes*» qui nous présente, avec sensibilité et sans misérabilisme, des femmes bien dans leur tête et dans leur corps.
- Les illustrations «*Créer pour (s')oublier*»: Émilie Ringlet, jeune illustratrice, nous fait partager son univers, où la création ouvre les portes de l'évasion.

Infos <http://www.expositions-wallonie.be>



À TESTER

Chimie à la carte !

Apprendre en s'amusant, voici l'objectif premier de ce nouveau jeu de société. Mais les conceptrices - 6 enseignantes - vont plus loin en élaborant un véritable outil pédagogique qui répond aux différents programmes scolaires en vigueur en Fédération Wallonie-Bruxelles. Le but du jeu ? Acquérir des savoirs et des savoir-faire tels que distinguer les molécules organiques des molécules minérales, établir la formule d'un composé usuel à partir de son nom, écrire les formules chimiques, connaître les fonctions des espèces chimiques...

Le jeu est fait de 2 plateaux différents et conçu en 6 modules, chacun formant un ensemble cohérent à utiliser selon les différents niveaux de l'apprentissage:

- **Module 1:** «Connais-tu les symboles ?», pour exercer ou vérifier la mémorisation des symboles atomiques et de leurs noms et illustrer l'élément dans le quotidien.
- **Module 2:** «Peux-tu construire une formule à l'aide des valences ?», afin de pouvoir établir une formule chimique à partir du nom du composé.
- **Module 3:** «Peux-tu retrouver le corps appartenant à une même fonction chimique ?» en ayant connaissance de la formule générale de la fonction chimique en question.

- **Module 4:** «Peux-tu découvrir les règles de nomenclature ?».
- **Module 5:** «Peux-tu classer les corps suivants... A: formule - B: Nom - C: formule+nom ?», pour être capable de classer les cartes dans la bonne armoire.
- **Module 6:** «Novaquochim», pour pouvoir utiliser les règles de nomenclature, découvrir les formules chimiques, les noms des substances et leurs applications au quotidien.



Édité par Didier Hatier (Éditions Averbode), «Chimie à la carte !» s'adresse aux élèves de 3^e secondaire et ensuite. À 6 joueurs(ou 6 équipes de 2), lancez-vous sur la piste des molécules !

Infos <http://www.didierhatier.be/sciences>

>> Concours

Vous souhaitez gagner l'une des 3 boîtes mises en jeu (d'une valeur de 73 euros) ? Préparez vos neurones et tentez vite votre chance en répondant correctement aux 3 énigmes (+ une question subsidiaire) qui vous seront posées sur notre version tablette exclusivement.

Vous n'avez pas encore téléchargé l'application, scannez le QR code en page 2 ou rendez vous gratuitement sur l'App Store (<https://itunes.apple.com/be/app/athena-mag/id915381928?l=fr&mt=8>) ou Google Play (https://play.google.com/store/apps/details?id=be.pafdesign.athena&hl=fr_BE). Bonne chance !

Date limite des participations: 28 février 2015

À LIRE

La chimie organique en BD

Paul DEPOVERE et Andy DEMARET

La chimie organique est la chimie des «composés du carbone (symbole C)» et de ses composés, naturels ou de synthèse. En plus du carbone et de l'hydrogène (H), les molécules organiques peuvent contenir des quantités très variables d'oxygène (O) et d'azote (N) ainsi que d'autres éléments. Exemples: du magnésium (Mg) dans la chlorophylle, du fer (Fe) dans l'hémoglobine ou du cobalt (Co) dans la vitamine B12. Selon les conventions, le dioxyde de carbone (CO₂), les carbonates (CO₃⁺), les carbures et les cyanures (CN⁻) ne sont pas des corps organiques.

Une caractéristique du carbone consiste en l'aptitude qu'ont ses atomes à s'enchaîner les uns aux autres, par des liaisons covalentes simples, doubles ou triples et des cycles, d'une façon presque infinie, pour former des chaînes carbonées d'une grande diversité. On connaît actuellement plus de 12 millions de composés organiques.

Contrairement aux propriétés physiques des composés minéraux, celles des corps organiques sont souvent très voisines. Ces corps sont généralement solides ou liquides. Il y aurait encore beaucoup à dire sur ce domaine, qui

n'est pas évident à appréhender pour les non-initiés. C'est pourquoi cette BD est si intéressante: elle vous ouvrira les portes du monde fascinant de l'infiniment petit.

Cela peut vous paraître nébuleux mais à la lecture de cet ouvrage remarquable, vous serez capable de comprendre comment les molécules organiques réagissent entre elles sachant, somme toute, que des atomes de charges opposées s'attirent, bref qu'une paire électronique libre est capable d'établir une liaison avec un centre déficient en électrons.

Texte: José BONTEMPS
jbontemps@alumni.ulg.ac.be



De Boeck, 2012
www.superieur.deboeck.com



Visitez nos sites:

<http://athena.wallonie.be>
<http://recherche-technologie.wallonie.be/>
<http://difst.wallonie.be/>

Rejoignez-nous sur:

 [Facebook.com/magazine.athena](https://www.facebook.com/magazine.athena)



Service public
de **Wallonie**

DIRECTION GÉNÉRALE OPÉRATIONNELLE
DE L'ÉCONOMIE, DE L'EMPLOI ET DE LA RECHERCHE

